

pメディアン問題の視点からの既設避難場所の評価分析—安芸市—

三菱地所藤和コミュニティ(株) 学生会員 ○町田奈々
 土佐ガス(株) 学生会員 政岡知実
 (株)日本触媒 学生会員 大田 盟
 高知高専 正会員 竹内光生

1. はじめに

南海地震時にできるだけ早く避難するためには、歩いて逃げることの出来る近くに避難場所があることが望ましい。現在では、公共施設以外にも自主防災組織等の活動により民間施設も追加されている。しかし、配置された避難場所に関する評価方法は十分とはいえない。本研究では、配置方法を p メディアン問題(総移動距離最小)として、MIP(混合整数線形計画)法によりその最適解を探索したものである。地域に施設をどのように配置したら最もよいかという施設配置問題は古くからの問題とされている¹⁾。仮定として、施設の利用者は一番近い距離の施設を利用する、また、その距離を直線距離で判断する、とした場合、施設の分担エリア図として、幾何学的にボロノイ図となる。ボロノイ図は、施設配置問題の基本図である。しかし、ボロノイ図を用いた施設配置手法は、連続空間を対象としており、一般的な離散的空間分布を対象とした場合、組合せ最適化法(列挙法)が用いられている。列挙法は、大抵の場合膨大な組合せ数を考慮しなければならず、高速コンピュータを用いても、現実解きうる問題例の規模は極めて小さいものに限定される^{2), 3)}。組合せ問題の中で、総移動距離(人・キロ)を最小化する位置(メディアン)に、p 個の施設を配置しようとする施設配置問題は、p メディアン問題といわれ、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²⁾。MIP 法は、列挙法と比較して効率のよい手法である。

本報告は、MIP問題を解く道具として市販のCPLEX8.0を用いている。CPLEXで解くためには、p メディアン問題の目的関数や制約条件式群およびその中の係数や定数の諸量を、線形計画(LP)問題を指定するための標準の MPS という数学ファイル形式で表現しなければならない。MPS は、Mathematical Programming System(数学的プログラミングシステム)の頭字語である。

2. pメディアン問題の諸式

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。

$$\text{Minimize } W = \sum_i \sum_j d_{ij} x_{ij} \quad \dots (1)$$

また、制約条件式は、つぎの式(2)～式(4)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 の整数型変数である。

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \geq P_i \quad \dots (2) \quad \sum_{j=1}^n Z_j = K \quad \dots (3) \quad P_i Z_j - x_{ij} \geq 0 \quad \dots (4)$$

3. GISデータおよび安芸市街地の地理的概要

GIS データは、平成 12 年度の空間基盤 2500 の道路網、平成 7 年度の人口分布および標高、平成 12 年度および 19 年度の既設避難所である。図 1 に、安芸市街地の道路網、道路網近辺の平成 12 年度の既設避難場所 23 ヶ所を四角で、および 20m 標高間隔の等高線を示す。なお、平成 19 年度は 30 ヶ所である。安芸市街地の南側が津波の来襲する太平洋である。道路網ノード数 1161、リンク数 1610(往復 3220)である。また、図 2 として、浸水予想領域とその範囲の人口分布地点を示す。人口分布地点は濃い色で表示している。浸水予想領域は、平成 16 年度の第 2 次高知県地震対策基礎調査報告書の資料-11(4)にある安芸市安芸の 8.14m に境界域として、建物 1 階分の余裕 3m を付加した標高 11.14m の地域である。



図 1. 道路網, H12 避難所および等高線

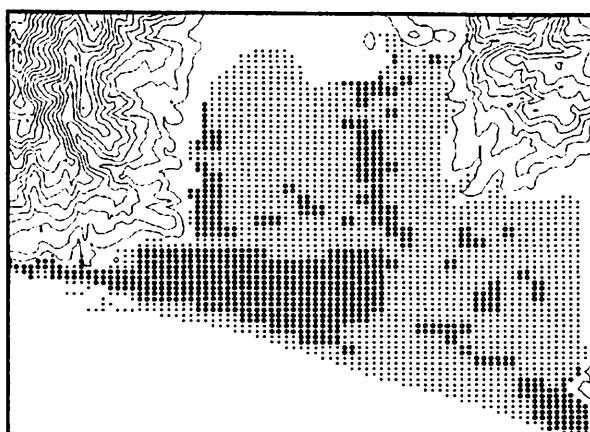


図 2. 浸水予想領域, 人口分布および等高線

4. 解析条件と解析結果

図 3 として、道路ノード数 1161 の半分の 580 ケ所の避難所候補地点を示す。1161 ケ所の道路ノードを避難所候補とした場合、CPLEX 解析時に Memory out となったために偶数番目の道路ノードを避難所候補とした。図 4 と図 5 に、人口分布を背景として、580 ケ所の避難所候補地点から 23 ケ所を選択する p メディアン問題の最適配置解析結果を示す。図 4 は楕円で囲んだ人口分布地域に 12 年度の既設避難所が不足していることを示している。図 5 は楕円で囲んだ人口分布地域に 19 年度の既設避難所が不足していることを示している。

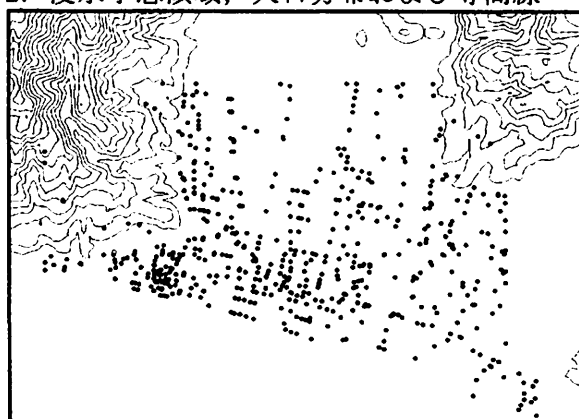


図 3. 避難所候補地点 (580 ケ所)

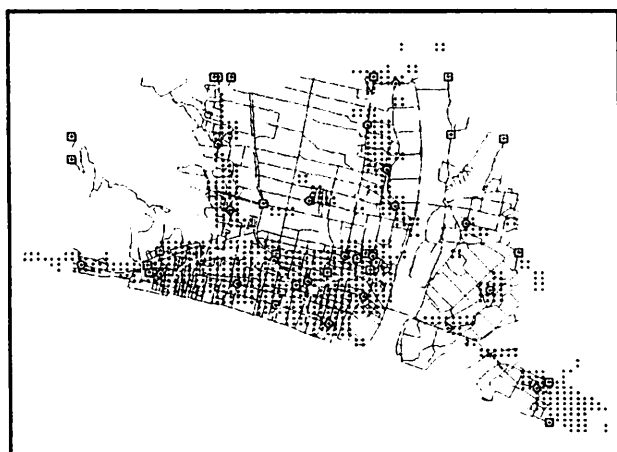


図 4. 最適配置解析結果と H12 避難所

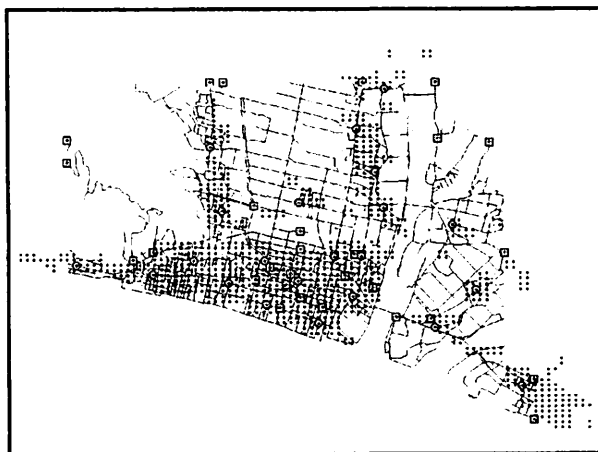


図 5. 最適配置解析結果と H19 避難所

5. まとめ

本研究の結果は次のようになる。①安芸市避難所の P メディアン問題の最適解を MIP 法で求めることが出来た。②最適解の避難所は、総移動距離(平均移動距離)最小の地点であり、人口分布地点に対応した配置になっている。③ H12 年度の避難所は、H19 年度にその数及びその位置が改善されている。しかし、総移動距離最小の視点から、人口分布地点に避難所が不足しているといえよう。④求めた p メディアン問題の設計変数は 673960 個、MPS ファイルの大きさは 175MB となった。今後、パソコンや解析ソフトの発達によって更に大規模な p メディアン問題を解くことが可能である。

6. 参考文献

- 1) 岡部篤行, 鈴木敦夫: 最適配置の数理 朝倉書店 2000.
- 2) 茨木俊秀: 組合せ最適化分枝限定法を中心として 産業図書 1983.
- 3) 反町洋一: 線形計画法の実際 産業図書 1994.