

高知県 ○嶋浩司 (株) 技研製作所
高知工業高等専門学校井上 孝太
竹内 光生

1. はじめに

近年、巨大地震津波を想定した市街地の避難施設の整備が求められている。従来の避難所は、学校区や行政区として配置された公共施設であり、全ての世代を対象とする施設容量と移動距離に課題が残されている。本研究は、総移動距離（人・キロ）を最小とするPメディアン解析手法を用いて、避難所の最適配置を検討したものである。また、各住区から避難所に集合する避難路を検討した。

2. 研究内容

2.1 解析方法

Pメディアンを解を求める方法として、本研究では混合整数計画法を用いた。目的関数と制約条件は次のように定式化される。

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

$$\text{Subject to } \sum_j X_{ij} \geq P_i \quad \dots (2)$$

$$\sum_i X_{ij} \leq M_j \quad \dots (3)$$

$$\sum_j Z_j = K \quad \dots (4)$$

$$-Z_j + X_{ij}/P_i \leq 0 \quad (\text{ただし、} P_i > 0 \quad \dots (5))$$

ここに、 X_{ij} はメッシュ*i*の居住区からメッシュ*j*の施設を利用する人口（設計変数）、 d_{ij} はその距離、 P_i はメッシュ*i*の居住人口、 M_j はメッシュ*j*の避難所の容量、 K は避難所数、 Z_j はメッシュ*j*に避難者を設置する場合1、設置しない場合0の整数型変数である。混合整数計画法のプログラムは、広島大学が公開している Humps を使用した。

2.2 データ (GIS)

平成7年度国勢調査人口と平成8年度国土数値情報の標高データは、3次メッシュ（1km）の1/20細分メッシュ（50mメッシュ）である。

避難所データは高知県総合防災数値情報である。また、道路網データは数値地図2500（空間データ基盤）、幅員3m以上である。

2.3 解析手順

解析手順を図1に示す。式（1）の距離データ作成手順は、GISスクリプトによるリンク長の抽出、ノードとリンクによる道路網の作成、ダイクストラ法による最短経路の抽出である。距離および人口データを用いた Humps 用データファイルは、basic プログラムにより作成した。

2.4 解析の対象地域

図2として、解析の対象地域の住区ゾーンと人口の分布を円の大きさで示す。住区は、半径500m円の中心16カ所、ゾーンの代表点である。前年度の研究において、標高6m以下、避難所までの直線距離が500mを越えるとして抽出した高知市地域のうち比較的広い範囲の市街地16ゾーンである。また、図3に、避難所候補の分布として、円で区分される98カ所を示す。図3には、前年度の研究において、16カ所のゾーンに対して、500m以内に最小個

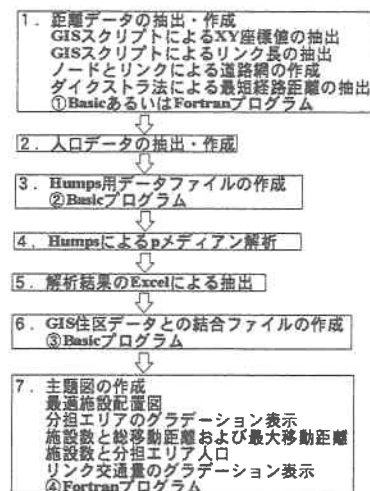


図1. 解析手順

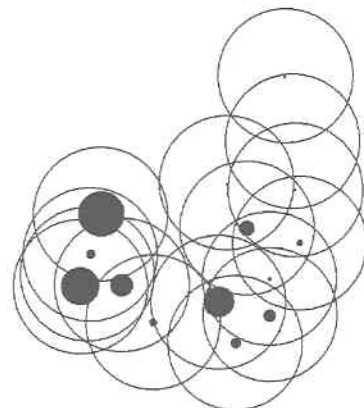


図2. 住区ゾーンと人口の分布

表1. 住区人口

平均	最小～最大	合計
441	1～1236	7059

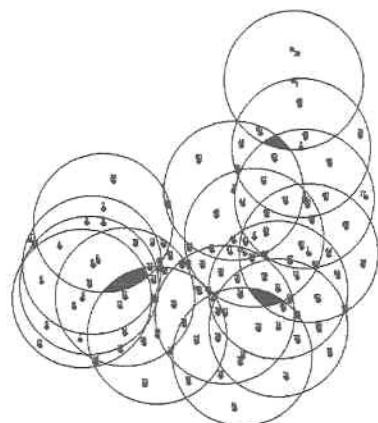


図3. 避難所候補の分布

数の避難所を設置するとして求めた避難所候補3カ所を濃い色で示す。
住区の数16カ所、避難所候補の数を98カ所とした場合、設計変数Xi
jの数は16×98=1568、整数型変数Zjの数は98となる。

2. 5 道路網ネットワーク

表2. 道路ネットワークID

	ノードID	リンクID
住区	1～ 16	1～ 16
避難所	17～ 114	17～ 114
道路	115～1071	115～1417

図4として、解析対象地域の幅員 3m
以上の道路網リンクとノードおよび住区
と避難所候補を示す。住区と避難所候
補の道路網との接続は、最短直線距離のノードとした。また、表2として、
道路ネットワークIDを示す。なお、各リンクの移動は、往復を可
能とするために、各リンクの始点ノードと終点ノードを入れ替えたリンク
を追加し、表2のリンクIDを2倍とした。

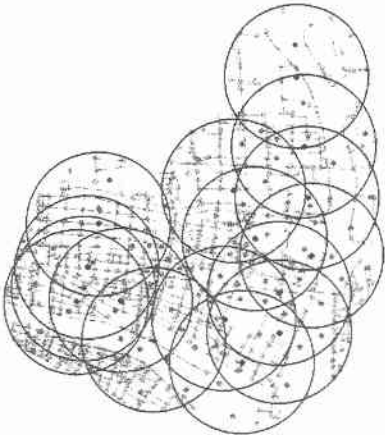


図4. 道路網

3. 解析結果

3. 1 最短経路距離

表3. 最短経路距離

表3として、16の住区に対して、16の避難所を設置した場合の最短経路距離の平均と
最小、最大を示す。例えば、住区10番に最も近い避難所候補は388m離れた避難所候
補9番である。なお、式 (1) の最短経路距離データ16×98=1568個を求めた。

平均	最小～最大
224	51～388

3. 2 避難所数

表4. 解析結果

表4として、式 (4) の避難所数Kを
1から6とした場合の、メディアン位置
の避難所番号、総移動距離、最大移
動距離、避難所分担人口を示す。例え
ば、避難所を1カ所設置する場合、避
難所候補21番がメディアン位置であることを示している。同様に、避難所を2カ所設置する場合、避難所候
補9番と30番がメディアン位置であることを示している。

避難所数	避難所番号	総移動距離(人・km)	最大移動距離(m)	避難所分担人口(人)
1	21	5839	2785	7059
2	9,30	4216	2518	2984～4075
3	3,14,30	3412	2518	2003～2984
4	3,14,30,49	2772	2513	623～2361
5	3,8,13,30,49	2367	2513	623～2361
6	3,8,13,29,49,57	1967	1633	517～1864

3. 3 避難所配置と避難路

表4の避難所配置位置を結果として、図5、図6、図7に各リンクの利用者の交通量（人）を、リンクの線
の幅と色で示す。各住区から避難所への経路は、ダイクストラ法により求めた最短経路である。各住区から
の利用者交通量（人）が、避難所に向かってTree（木）状に集合していくようすが示されている。

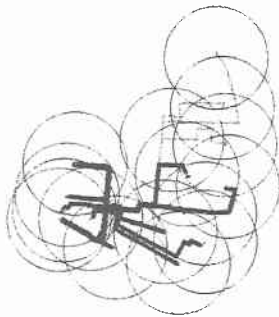


図5. K=1の避難所と避難路

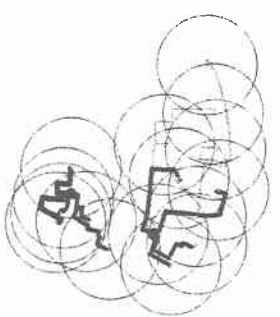


図6. K=2の避難所と避難路

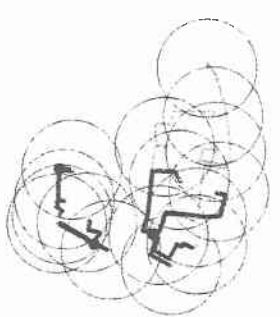


図7. K=3の避難所と避難路

4. まとめ

本研究は、避難所の配置計画を、GISデータを用いた数値解析により検討した。また、避難路を利用者
交通量（人）によって検討した。なお、本報告書は、国土交通省国土地理院長の承諾を得て、同院の測量
成果を使用したものである。

5. 参考文献 1) ダイクストラ法／ http://www.lab.me.sophia.ac.jp/~ishizuka/OC/spath_00.html

2) 嶋浩司、竹内光生：津波発生時の地区別避難場所の選定に関する研究、土木学会四国支部第7回技術研究発表
会講演概要集 PP.304-305、2001