

## Gurobi3.0.1 を用いた比較的大規模な p メディアン問題に関する研究—安芸市—

前田道路 (株) 学生会員 ○細木智広 旭シンクロテック (株) 非会員 山崎 直  
高知高専 非会員 小堀晃子 高知高専 正会員 竹内光生

## 1. はじめに

地震時に来襲する恐れのある津波を想定し、歩いて逃げることの出来る避難場所の配置問題は重要な課題である。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、列挙法では解くことが困難な比較的大規模な高知県安芸市規模の道路網ネットワークを対象に、MIP (混合整数線形計画) 法によりその厳密解を探索したものである。内田氏や鈴木氏は、ノード数 200、施設数 10 規模のネットワークボロノイ図を用いた p メディアン問題の近似解法を提案している<sup>1)</sup>。本報告では、Gurobi3.0.1 を用いて、更に大きな規模の p メディアン問題を対象とし比較的に短時間で厳密解を得ている。その解析事例を報告する。

## 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。

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

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。

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \geq P_i \quad \dots (2)$$

$$\sum_{j=1}^n Z_j = K \quad \dots (3)$$

$$P_i Z_j - x_{ij} \geq 0 \quad \dots (4)$$

## 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、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 19 年度の既設避難場所 30 ヶ所を四角で、および 20m 標高間隔の等高線を示す。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。

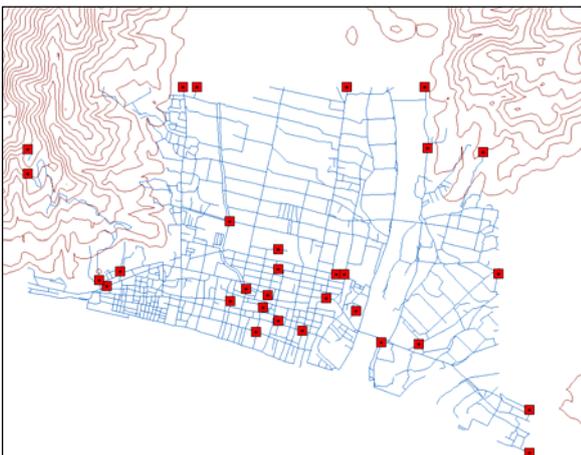


図 1. 道路網, H19 避難所および等高線



図 2. 浸水予想領域, 人口分布および等高線

#### 4. 解析条件

1161ヶ所の道路ノードを避難所候補数 $m$ とし、平成19年度の既設避難場所30ヶ所と同数 $p$ の避難場所の $p$ メディアアン問題(最短経路)の厳密解を求める。その組合せ $mCp$ は約 $2.3 \times 10^{59}$ 、MPSファイルは約350Mbである。

#### 5. 解析結果

図3に、Gurobi3.0.1の解析画面を示す。シンプレックス表は、約350万行、350万列、非ゼロ要素約466万である。解析時間は約95.43秒である。なお、PCのOSはwindows7(32bit)、プロセッサはIntel(R)Core(TM)i7、CPU860@2.80GHz、メモリ(RAM)4.00GB(2.99GB使用可能)である。図4に、30ヶ所の避難場所の $p$ メディアアン問題(最短経路)の厳密解を、人口分布地点を背景に表示している。30ヶ所の避難場所は、人口分布地点と対応した配置位置となっていることがわかる。目的関数の総移動距離は、1819.7人・kmである。

なお、参考までに、前回報告<sup>2)</sup>の比較値として、避難所候補数 $m$ 1161ヶ所、避難場所数 $p$ 23ヶ所とした場合の総移動距離は2231.7人・kmである。

#### 6. まとめ

本研究の結果は次のようになる。①安芸市規模の $p$ メディアアン問題を解くためのシンプレックス表は、約350万行、350万列となる。②この規模のMIP問題をPCで解くことが出来る。その解析所要時間は約95.43秒である。③求めた厳密解は、人口分布地点に対応した避難場所の配置になっている。

従来、解くことが出来なかった規模の $p$ メディアアン問題の厳密解が、パソコンや解析ソフトの発達によって、徐々に、解くことが出来るようになっていく。本報告は、その解析事例を示している。

#### 7. 参考文献

- 1) 内田麻衣子, 鈴木敦夫: ネットワークボロノイ図を用いた $p$ メディアアン問題の近似解法について. [http://www.seto.nanzan-u.ac.jp/msie/ma-thesis/2005/SUZUKI/m04mm041.pdf#search=pメディアアン問題'2005](http://www.seto.nanzan-u.ac.jp/msie/ma-thesis/2005/SUZUKI/m04mm041.pdf#search=p%20メディアアン問題'2005).
- 2) 町田奈々, 政岡知実, 大田盟, 竹内光生:  $p$ メディアアン問題の視点からの既設避難場所の評価分析—安芸市—, 土木学会四国支部第15回技術研究発表会講演概要集, pp.215-216, 2009.5.

```

Python 2.5.4 (r254:67916, Dec 23 2008, 15:10:54) [MSC v.1310 32 bit (Intel)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.

Gurobi Interactive Shell, Version 3.0.1
Copyright (c) 2010, Gurobi Optimization, Inc.
Type "help()" for help

gurobi> execfile("Guk30ok.py")
Read MPS format model from file Guk30ok.mps
Reading time = 6.26 seconds
: 1350244 Rows, 1349082 Columns, 4662576 NonZeros
Optimize a model with 1350244 Rows, 1349082 Columns and 4662576 NonZeros
Presolve removed 732591 rows and 730801 columns (presolve time = 5s) ...
Presolve removed 732591 rows and 730801 columns (presolve time = 10s) ...
Presolve removed 732591 rows and 730801 columns (presolve time = 15s) ...
Presolve removed 732591 rows and 730801 columns (presolve time = 20s) ...
Presolve removed 732591 rows and 730801 columns (presolve time = 25s) ...
Presolve removed 732591 rows and 730801 columns (presolve time = 30s) ...
Presolve removed 732591 rows and 730801 columns (presolve time = 35s) ...
Presolve time: 42.96s
Presolved: 617653 Rows, 618231 Columns, 1853053 Nonzeros
Found heuristic solution: objective 1.087686e+07
Found heuristic solution: objective 9984268.8794

Root simplex log...

Iteration   Objective      Primal Inf.    Dual Inf.      Time
10230      1.5881317e+06  2.093709e+04  0.000000e+00   5s
14629      1.7205744e+06  1.030816e+04  0.000000e+00  10s
17480      1.7852044e+06  2.508435e+04  0.000000e+00  15s
20080      1.7954386e+06  3.807364e+03  0.000000e+00  20s
21990      1.8067369e+06  1.332621e+03  0.000000e+00  25s
23573      1.8134547e+06  1.082047e+03  0.000000e+00  30s
25034      1.8173589e+06  5.618417e+02  0.000000e+00  36s
26101      1.8190891e+06  5.235631e+02  0.000000e+00  40s
26709      1.8196310e+06  0.000000e+00  0.000000e+00  43s

Root relaxation: objective 1.819631e+06, 26709 iterations, 43.49 seconds

Nodes      |      Current Node      |      Objective Bounds      |      Work
Expl Unexpl | Obj Depth IntInf | Incumbent  BestBd  Gap | It/Node Time
H          0          0 1819630.95   0   21 9984268.88 1819630.95  81.8%  -   93s
H          0          0          1819719.8000 1819630.95  0.00%  -   94s

Cutting planes:
Gomory: 1

Explored 0 nodes (26710 simplex iterations) in 95.43 seconds
Thread count was 8 (of 8 available processors)

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)
Best objective 1.8197198000e+06, best bound 1.8196309500e+06, gap 0.0049%
gurobi>

```

図3. Gurobi3.01の解析画面

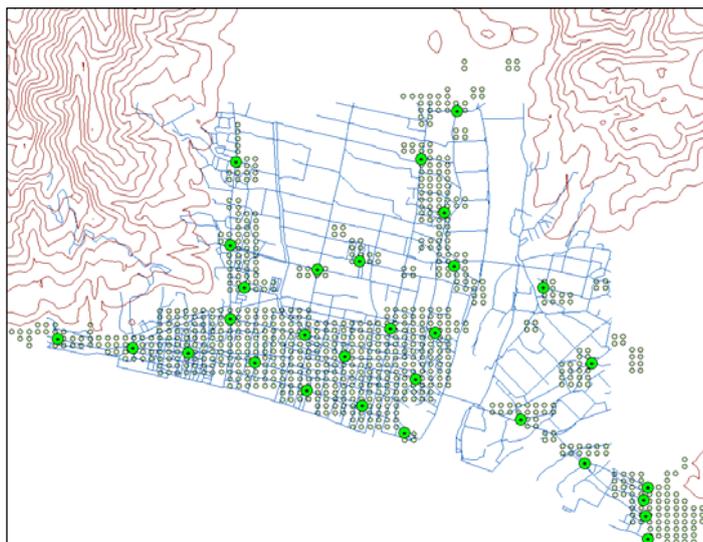


図4.  $p$ メディアアン問題(最短経路)の厳密解