

ポロノイ分割を用いた避難所配置の評価

総合数理学部 現象数理学科 研究室 4年

1. 背景

浜松市、「津波避難ビルの指定について」(2020), 浜松市
浜松市危機管理課, 浜松市の津波対策 平成23年度 令和元年度
浜松市, 「令和2年4月1日現在の津波避難ビル」(2020), 浜松市.

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震以降, 各自治体で推し進められている津波対策の1つに, 津波からの一時的な避難に利用する「津波避難ビル」がある.

近年, 避難所不足が深刻化している. 現在地震と津波が起こった場合, 津波対策が進められている都市の避難所は足りるのか不安.

→ 自宅から一番近い津波避難ビルに避難すると仮定したとき, すべての人が津波避難ビルに避難することはできるのか.

2. 目標

Mathematicaでポロノイ分割を行い, 現在の浜松市・他の津波避難ビル指定都市での津波避難ビルの配置を収容率の観点から評価する

3. ポロノイ図

鈴木敦夫, 浅野孝夫, 勢力圏図と地理的最適化問題, (1985), オペレーションズ・リサーチ, 4月号.

利用者分布が既知の領域で, 利用者は最も近い施設を利用するとき, 利用者と施設間の距離の総和が最小になる施設配置を考える.

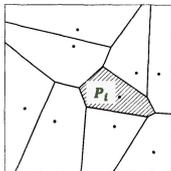
N 次元ユークリッド空間 R^N の点を P で表す.

$$V_i = \bigcap_{j \neq i} \{P \in R^N \mid |P - P_i| < |P - P_j|\}$$

は, R^N の中の n 個の点 P_1, \dots, P_n のうち P_i が最近点である点の集合.

$$\bigcup_{i=1}^n V_i = R^N, V_i \cap V_j = \emptyset \quad (i \neq j)$$

で, 全空間 R^N を n 個の領域に分割できる.



- 母点: R^N の中の n 個の点 P_1, \dots, P_n
- ポロノイ図: 分割は自然に N 次元の凸胞
- ポロノイ領域: 分割によって生じる多角形の領域

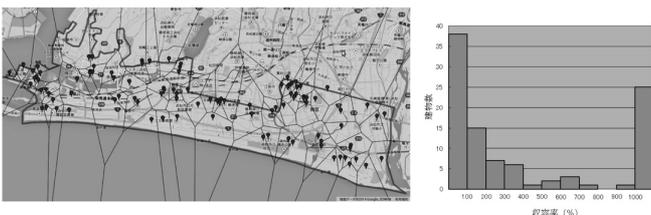
4. 先行研究の紹介

安藤和敏, 浜松市南部における津波避難ビル配置のポロノイ図を用いた分析, (2014), オペレーションズ・リサーチ, 6月号.

設定: 休日の昼間に地震が発生, 津波から避難が必要な浜松市

分析対象: 安政東海地震推定浸水域に, 海岸線から2km以内の地域を加えた領域

母点: 浜松市(2014年)が指定する複数の津波避難ビル207棟のうち, 分析対象内で近くの複数の津波避難ビルをまとめ99棟に集約
ポロノイ領域: その領域に含まれる津波避難ビルに最も近い地点



各津波避難ビルの収容率:
収容可能人数(津波避難ビルの収容可能面積から導出)に対するポロノイ領域内人口(ポロノイ領域の面積と町別人口密度から推定)の割合をパーセントで表したもの

→ すべての人を収容できる津波避難ビルは全体の約3分の1しかない
全体の約4分の1の津波避難ビルが収容率100%を超えている

5. 浜松市(2020年)津波避難ビルの評価

- 2020年4月時点における浜松市内の津波避難ビル236棟を取得
- 所在地からGeocodingにて緯度経度を検索
- 津波避難ビル2点間距離が約193メートル以下の場合, それぞれの緯度経度の平均を取り, 新たな母点とし105棟に集約
- ポロノイ領域内人口はポロノイ領域の面積と浜松市人口密度から推定



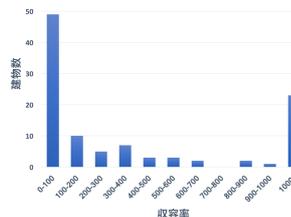
【使用したMathematicaコマンド】

- 「VoronoiPlot」座標データのポロノイ分割を行う
- 「MeshCoordinates」描画した図の各頂点の座標を調べる
- 「MeshPrimitives」各多角形(ポロノイ領域)の頂点の集合を求める
- 「RegionMeasure」各ポロノイ領域の面積を求める

【結果】

すべての人を収容できる津波避難ビルは全体の約2分の1(49棟)

全体の約4分の1の津波避難ビルが収容率100%を超えている(23棟)



→ 先行研究がなされた2014年と比べて, 状況はのまり返り変りついでない

6. 藤沢市(2020年)津波避難ビルの評価

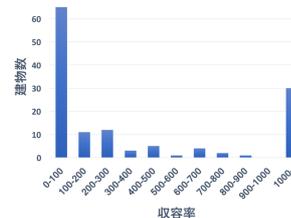
同様に津波避難ビルの収容率を調べた結果, 次のような結果が得られた.

(母点の数は134棟)

藤沢市, 「津波避難ビル一覧(避難対象地域)」(2020)

すべての人を収容できる津波避難ビルは全体の約2分の1(65棟)

全体の約4分の1の津波避難ビルが収容率100%を超えている(30棟)



→ 浜松市同様, 収容率が十分に高いとはいえない

7. 結論

2020年のデータで行った結果は先行研究のものとはほぼ同様になった

【差異が生じたことで考えられる原因】

- ① 津波避難ビルの所在地が変化した(207棟→236棟に増加)
- ② 正しい人口推定ができていない(町別の推定→市全体の推定)

→ ポロノイ分割を行い収容率を計算した結果, 収容率が100%以下の津波避難ビルは少なく, 安全な避難体制が整っているとはいえない

津波避難ビルの収容はこの手法では不足している結果になっているが, 津波発生時は指定された避難場所に避難するよう心がける必要がある