

# 利用者からの距離に着目した規則的施設配置の頑健性

宮川 雅至

(筑波大学大学院システム情報工学研究科社会システム工学専攻 現所属・同大学院博士課程システム情報工学研究科社会システム工学専攻)  
 指導教官 大澤義明 教授

## 1. はじめに

現代社会は不確実性に満ちており、将来に様々な災害が発生する可能性がある。災害による被害を最小限にとどめることは都市計画の大きな役割の一つである。また、社会のめまぐるしい変化の中で都市計画にも変化への対応が迫られている。したがって、長期的な視点から変化に強い計画を作ることが求められる。しかし、平面上の施設配置を扱った既存研究においては、ある一時点に対して最適化が行われていることがほとんどである。このように精緻に求められた施設配置は不確実性や社会構造変化には脆弱であるかもしれない。本研究の目的は、不確実性や社会構造変化に対して頑健な施設配置を求めること、及び計画の有効性を評価することにある。本研究では利用者から施設までの距離に着目し、平面上の規則的配置ならびにランダム配置 (図1) を対象とする。

## 2. ランダムな施設閉鎖

まず、施設の一様にランダムな閉鎖に対する頑健性を評価する。ランダムな閉鎖に対する残存率を  $p(0 \leq p \leq 1)$  とし、 $p$  は全ての施設に対して同一であり、どの施設も互いに独立に閉鎖する可能性があるとして仮定する。この頑健性を吟味する理由として、災害によって施設が被害を受けた状況を想定することができる。

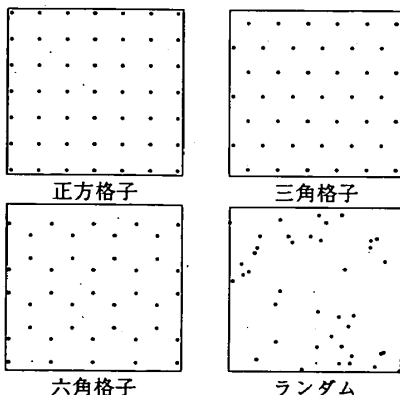


図1 規則的配置とランダム配置

施設が閉鎖されると、利用者にとって最も近い施設を利用できない状況が発生し、2番目、3番目、...に近い施設を利用せざるを得なくなる。 $k$ 番目に近い施設を利用するのは、 $k-1$ 番目までの施設が閉鎖され、かつ $k$ 番目に近い施設は残存している場合であり、その確率は  $(1-p)^{k-1}p$  となる。残存率  $p$  が小さくなるに従って2番目以降の距離も考慮しなければならないといえる。

そこで、規則的配置における  $k$  次近隣距離分布と平均距離を解析的に導出する。求めた  $k$  次近隣距離分布  $f_k(r)$  ( $k=1, \dots, 7$ ) を図2に示す。施設が一様にランダムに分布するときの  $f_k(r)$  は文献[1]で導出されている。

施設の残存率と平均距離との関係を見ることによって施設配置の頑健性を評価しよう。どの施設も一様にかつ独立に閉鎖されるときに平均距離は

$$E(R) = p \sum_{k=1}^{\infty} (1-p)^{k-1} E(R_k) \quad (1)$$

となる。ここで、 $E(R_k)$  は  $k$  番目に近い施設までの平均距離である。式(1)を最小とする配置が最適であるとする。しかし、全ての平均距離  $E(R_k)$  を求めることは不可能なので、7番目までの距離の厳密な値とそれ以降の距離については上下限値を用いることにする。

平均距離を比較することにより、三角格子が最適と

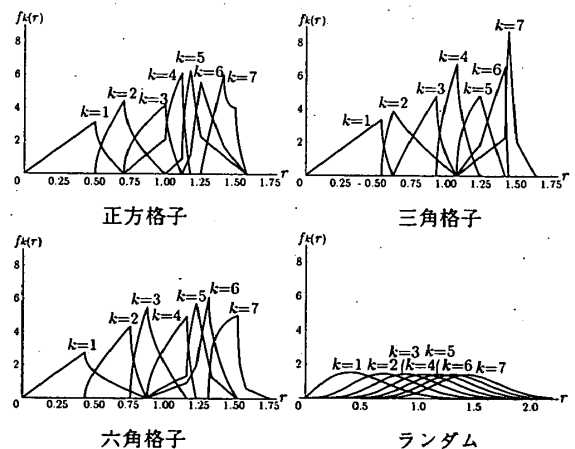


図2  $k$  次近隣距離分布

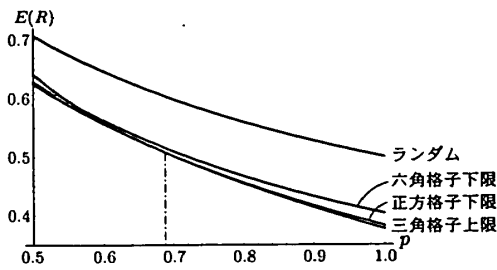


図3 ランダムな施設閉鎖における平均距離

なり得る  $p$  の下限値が求まる。図3は三角格子の平均距離の上限値、及び正方格子・六角格子の下限値を表している。 $p=1.0$  が全施設を利用できる場合、 $p=0.5$  が半分しか利用できない場合に相当する。 $p > 0.689$  の範囲では三角格子の上限値が正方格子や六角格子の下限値よりも小さくなっていることが読み取れる。したがって、少なくとも残存率が68.9%より大きいときには三角格子が正方格子や六角格子よりも望ましい配置になる。

### 3. 計画的な施設閉鎖及び施設追加

次に、移動効率性を考慮して計画的に施設閉鎖・追加する際の頑健性を評価しよう。閉鎖の場合はできる限り隣り合う施設は閉鎖しないように、追加の場合は格子の中央に追加する計画を評価する。

施設を計画的に閉鎖・追加したときの平均距離の変化は図4のようになる。 $\alpha = -0.5$  が施設を50%閉鎖した場合、 $\alpha = 0.5$  が施設を50%追加した場合に相当する。三角格子が望ましくなるのは施設数の増減が小さい場合（閉鎖15.6%未満、追加26.6%未満）であることが分かる。逆に増減が大きい場合（閉鎖36.7%超、追加26.6%超）は六角格子が望ましい。したがって、将来的に施設数が大きく変化することが予測できる場合には、六角格子状に配置し、現状の不便さは多少我慢してでも将来に望ましいものを実現しようという考え方もできる。正方格子は施設を閉鎖する場合には三角格子と六角格子の間に現れ、追加する場合には最適な配置とはなり得ない。

### 4. 計画の有効性

2章と3章の結果を比較し、計画の有効性を評価しよう。図5は施設を0~50%までランダムに閉鎖した場合と計画的に閉鎖した場合の平均距離の変化を表している。上からランダム配置からの閉鎖、規則的配置からのランダムな閉鎖の上下限值、規則的配置からの計画的な閉鎖の順になっている。ランダムな閉鎖と計

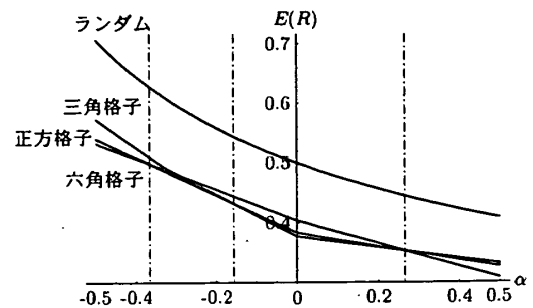


図4 計画的な施設閉鎖・追加における平均距離

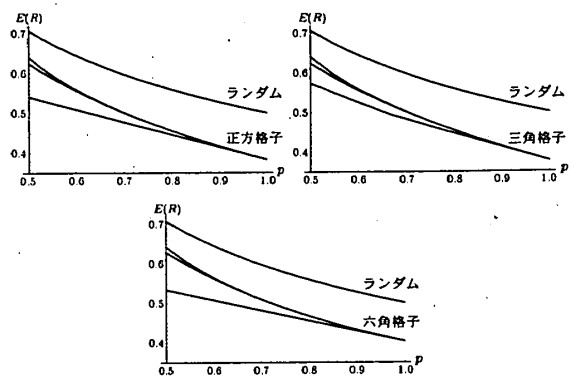


図5 残存率と平均距離

画的な閉鎖を比較すると、平均距離は常に計画的閉鎖の方が小さく、残存率  $p$  が小さくなるにつれてランダムな閉鎖との差が大きくなることが確認できる。50%の施設が利用できない場合、正方格子では両者に少なくとも13.4%の差が生じ、三角格子11.5%、六角格子15.2%となる。計画者のコントロール、例えば震災時に隣り合う施設が利用不可能とならないように耐震補強を行うことなどによってこの差の分だけサービスレベルの低下を抑えることができるといえる。

### 5. おわりに

本研究で得られた主たる結論は次の2点である。

- (1) 「三角形配置が最適である」という通説が災害による施設被害や計画的な施設閉鎖・追加を考慮した場合には、必ずしも成立しないことを示した。
- (2) 計画者の裁量の大きさと施設までの距離との関係を明らかにし、計画の有効性を示した。

#### 参考文献

- [1] Dacey, M. F.: Two-dimensional random point patterns: A review and an interpretation, *Papers of the Regional Science Association*, 13, pp. 41-55, 1968.
- [2] Christaller, W.: *Die zentralen Orte in Süd-deutschland*, Gustav Fische, 1933 (江沢譲爾訳: 都市の立地と発展, 大明堂, 1969).