

利用者からの距離に着目した規則的施設配置の頑健性

02602330 筑波大学 *宮川雅至 MIYAGAWA Masashi
 01009480 筑波大学 大澤義明 OHSAWA Yoshiaki

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。従って、長期的な視点から変化に強い計画をつく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(例えば[1],[2])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、利用者から最寄り施設への距離に着目して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にある。本研究では平面上の規則的施設配置(図1)を対象とする。

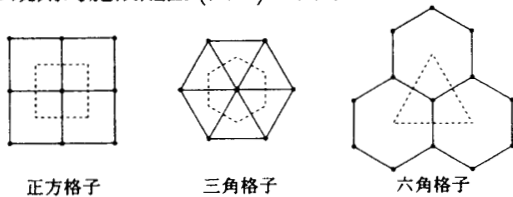


図1: 規則的配置(破線が中心にある施設の勢力圏)

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。

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、... に近い施設を利用することになる。 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[3]で導出されている。

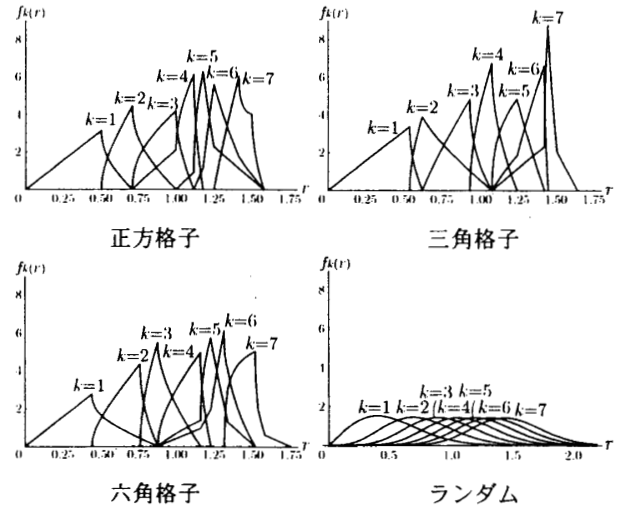


図2: k 次近隣距離分布

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、及び正方形・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。 $p > 0.6888$ の範囲では三角格子の上限値が正方形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。

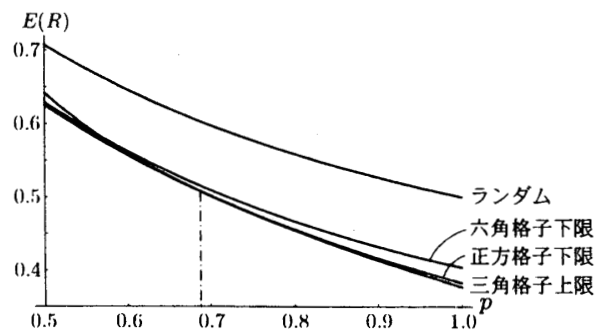


図3: ランダムな施設閉鎖における残存率と平均距離

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。閉鎖の場合にはできる限り隣り合う施設は閉鎖しないように、追加の場合には格子の中央に追加する計画を評価する。これは計画的な閉鎖・追加の場合、計画者が閉鎖する施設、追加する場所を決定できるためである。

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50%の施設を閉鎖した場合、 $\alpha = 0.5$ が50%の施設を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。従って、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。

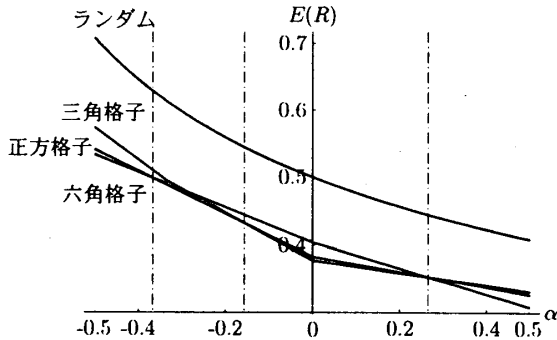


図4: 計画的な施設閉鎖・追加における平均距離

ここで得られた結果を2章の結果と比較しよう。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。平均距離は常に計画的閉鎖の方が小さく、 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を確認できる。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等、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。

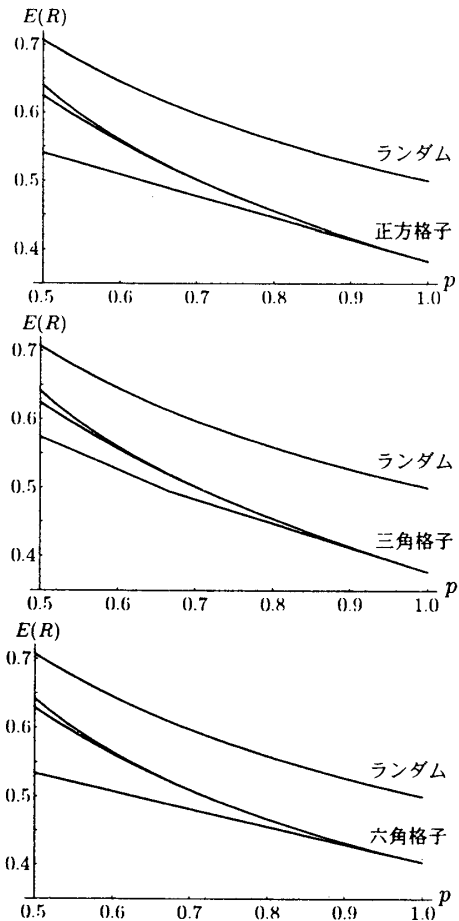


図5: 残存率と平均距離

4 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] 谷村秀彦: 施設配置計画の数理, 都市計画数理, pp.56-95, 朝倉書店, 1986.
- [2] Drezner, Z.: *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*, Springer-Verlag, 1995.
- [3] Dacey, M.F.: Two-dimensional random point patterns: A review and an interpretation, *Papers of the Regional Science Association*, 13, pp.41-55, 1968.
- [4] Christaller, W.: *Die zentralen Orte in Süddeutschland*, Gustav Fische, 1933 (江沢譲爾訳: 都市の立地と発展, 大明堂, 1969).