

IV-79 種々の配置計画モデルによる高齢者福祉施設配置計画の評価

愛媛大学工学部 正会員 柏谷 増男 愛媛大学工学部 正会員 朝倉 康夫
 (株)富士建設コンサルタント 鈴木 晶子 愛媛大学大学院 学生員 ○ 山下 久美子

1. はじめに.

地方小都市に住む高齢者の主な交通手段は、自転車と徒歩である。本研究では、行動範囲が限られた高齢者にとって望ましい配置を検討するため、愛媛県西条市を対象として、3種類の施設配置計画問題を用いて立地評価を行った。

2. 西条市道路ネットワーク

本研究の対象地域は愛媛県西条市の中心市街地を含む地域である。対象地域を n 個のゾーンに分割し、そのゾーンの中心をセントロイドとした。道路ネットワークは、セントロイド数60、ノード数174、リンク数345である。また自動車交通量が多い国道11号線と産業道路については、リンクを2本に分けて、横断を表す交差点リンクを設けている。

3. モデルの説明

0-1整数計画で表される3種類の施設配置計画問題1)を取り上げた。

(1) Location Set Covering Problem

この問題は、許容距離 $S(m)$ で、全セントロイドに対して施設が割り当てられるという制約のもとで、施設数の最小化を目的とする。

$$\min Z = \sum_{j=1}^n x_j \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$N_i = \{j | d_{ij} \leq S\}$$

x_j はセントロイド j に施設が立地された場合は1、その他の場合は0となる0-1整数変数である。また N_i はゾーン i に対し j 間の距離 d_{ij} が最大許容距離 S より小さい立地候補点 j の集合である。また制約式(2)は、ゾーン i から S 内に、最小限1カ所は施設が立地されなければならないことを表している。

(2) P-median Problem

この問題は利用者の総移動距離の最小化を目的として p 個の施設を配置する。

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_i d_{ij} x_{ij} \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$x_{ij} - x_{ji} \leq 0 \quad j = 1, \dots, m \quad i \neq j \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = p \quad (6)$$

変数 x_{ij} はゾーン i に施設 j が割り当てられた場合は1、その他の場合は0となる0-1整数変数である。式(5)は、 j 点に施設が立地しなければ、ゾーン i が施設 j に割り当てられることはできないことを表している。このモデルは変数が $i \times j$ 個と非常に多くなるため、演算上は不利である。

(3) Maximal Covering Location Problem

この問題は(1)の N_i と同様な立地候補点集合のもとで、 p 個の施設を可能な限り多くの人口をカバーすることができる位置に配置するものである。

$$\max Z = \sum_{i=1}^n a_i y_i \quad (7)$$

$$\text{s.t.} \quad y_i \leq \sum_{j \in N_i} x_j \quad i = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = p \quad (9)$$

変数 y_i は、許容距離内に施設が1カ所でも立地された場合は1、その他の場合は0となる整数変数で、 a_i のゾーン i の人口である。このモデルでは施設数と許容距離が固定されているため、カバーされないゾーンがある。

(4) モデルの特徴

LSCPは許容距離を定めているため、高齢者の負担という点においては、一定程度の公平性が保たれる。一方P-medianは、総移動距離が最小となる効率的配置ではあるが、公平性を欠いてしまう。またMCLPでは、許容距離内でカバーできる人口の最大化が目的であるため、許容距離が小さい場合カバーできない人口が多くなる。しかしあらかじめ施設数が限られているような問題では、このモデルは効率的である。

4. 試算と立地評価

(1) d_{ij} の定義

移動距離 d_{ij} には、式(10)に示す交通量の多さや歩道の整備状況など危険を考慮に入れた換算距離を用いた。

$$L_k = (1 + \gamma \cdot DL_k) \cdot l_k \quad (10)$$

ここで L_k はリンク k の換算リンク長、 l_k は実測リ

リンク長, DL_k はリンク危険度, γ はリンク危険度の重みである。この換算リンクで構成されたネットワーク上での最短距離を各モデルの d_{ij} の値とした。なお危険度 DL_k については, 中部大学竹内伝史教授考案の危険度評価式²⁾に準ずるものを用いて算出した。また西条市で行ったインタビュー調査の結果より, $\gamma = 1.50$ とする。

(2) 計算方法

LSCPの計算では, 許容距離は750~2500mまで刻み50で変動させた。またMCLPの計算では, 許容距離は刻み100で800~2500まで, 立地数は3から7まで変動させた。P-medianでは, 演算の都合上変数を減らすため, セントロイド30, 立地候補点13とし, 立地数を3~7まで変動させた。さらに3つのモデルについて平均距離やカバリングの状況を検討する。

(3) 配置パターンと立地評価

図1にLSCPとP-medianによる施設数5の場合の配置パターンを例に挙げて示す。

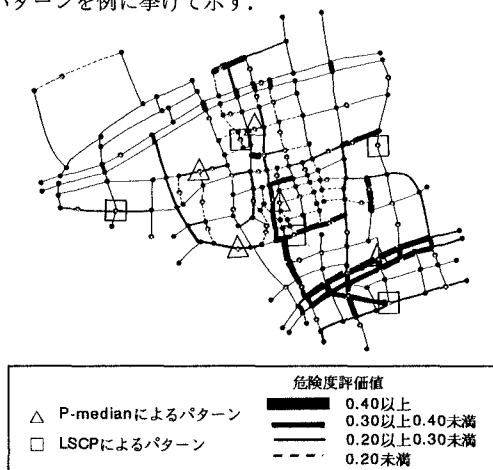


図1. LSCPとP-medianによる配置パターン（施設数5）

LSCPでは, 施設数が少ないパターンでは対象地域にほぼ分散しており, 施設数が多くなるほど危険度が高い区域に集中して立地する傾向が見られる。またP-medianでは, 対象地域の中心部にまとまって配置されており, 人口の高い地域に立地する傾向が見られた。

次にLSCPの最大許容距離と平均距離, P-medianの最大移動距離と平均距離を図2に示す。

施設数を5カ所とした場合, LSCPでは許容距離 $S = 1600\text{m}$ であり, 平均移動距離は894.6mであった。この時全ての人口は1600m以内でカバーされていることになる。ここで, カバリングの状況を観察したところ, このモデルでは1つの施設がカバーする人口が大きく偏ってしまうことがわかった。この問題では, 距離そのものが目的関数に含まれていないため, わずか

なセントロイドのために施設を増設しなければならないという可能性が出てくるのである。

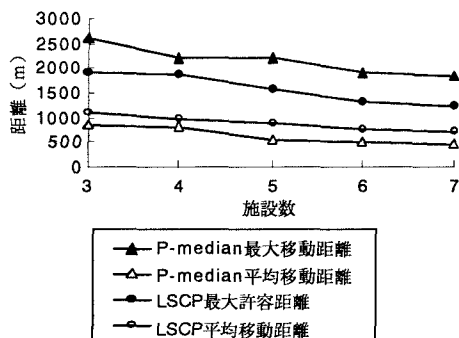


図2. LSCPとP-medianに関する移動距離の関係

LSCPに比べてP-medianでは, 決められた数の施設を, 効率的に配置することができる。施設数5カ所の場合, 平均移動距離は571.1mであり, LSCPよりも323m短い。しかしながらこのとき1600m以内で移動できる人口は, 81%しかない。許容距離を超えて移動しなければならない高齢者が多く出てしまい, 高齢者の移動負担の公平性は失われることになる。

MCLPによる配置では, 許容距離が小さいほど中心部に集中して, 立地する傾向が見られる。許容距離が大きくなるにつれて, 人口分布の高い地域をカバーできるように立地点が分散し, LSCPのパターンに近づく。移動距離は施設数が増えると小さくなるが, 同じ施設数の場合においては, S が変動しても移動距離はほとんど変化しない。カバー率が100%に達していない場合, カバーされない人口の移動距離は考慮できないことが原因となっている。

5. おわりに

施設数の利用者や移動距離に偏りができてしまうLSCPやP-medianと比べて, MCLPは施設数が決められている場合や, 高齢者のための施設配置には適している。しかしながらMCLPでもカバーされない地域は残ってしまい, カバー率や許容距離を設定することは難しい問題である。今後これらのモデルの最適解を変化させて, より適切な配置を見つけられるかどうか検討してみたいと考えている。

【参考文献】

- 1) Charles Revelle, Urban Public Facility Location, Edwin S. Mills Edited, Hand Book of Regional and Urban Economics, volume 2 Urban Economics, PP.1053-1070, 1987
- 2) 竹内伝史, 住区内街路整備計画の評価方法と評価式の開発, 土木計画学研究・講演No.13, P795-800, 1990年11月