

高齢化社会における公共施設最適配置

九州工業大学院 設計生産工学専攻 学生会員 ○橋元 博史
 九州工業大学 工学部 建設社会工学科 学生会員 牛島 佐知子
 九州工業大学 工学部 建設社会工学科 正会員 佐々木 昭士

1. はじめに 公共施設の利用圏域には、利用者の便益で自由な選択によって規定される場合と学校区などのように行政などの決定によって重複なく規定される場合とがある。後者のような重複を許さない圏域の推定方法について実用的な方法として貪欲法を中心とした計算方法による中学校区を計算し、その実用性について明らかにした。本研究は、より厳密解に近い圏域に関する数理的な解析方法を検討したものである。

2. モデルの定式化と計算方法 ゾーン j に施設が設置されたとき $y_j=1$ 、設置されないとき $y_j=0$ 、利用者のゾーン i から施設の設置されたゾーン j を利用するとき $x_{ij}=1$ 、しないとき $x_{ij}=0$ とする。施設は、施設の新設費 f_j と利用者の利用費用 c_{ij} が最小になるように設置すると次のような整数問題として数式化される。ただし、 $c_{ij}=p_i \times t_{ij}$ (p_i : ゾーン i の人口、 t_{ij} : ij 間の時間距離)。

$$\text{最小化: } z_P = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^n f_j y_j \quad (1)$$

$$\text{制約条件: } \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (2) \quad x_{ij} \leq y_j \quad (3) \quad x_{ij}, y_j = \{0, 1\} \quad (4)$$

式(1)~(4)を実用的に計算する方法として、貪欲法を採用しその適用性を明らかにしたが¹⁾、計算時間の短縮を目的とした計算を検討した。Erlenkotter²⁾、Mirchandani³⁾などに従って、双対法の適用を考えた。原問題を双対問題で改めると次のようになる。

$$\text{最大化: } z_D = \sum_{i=1}^n u_i - \sum_{j=1}^n t_j \quad (5)$$

$$\text{制約条件: } u_i - \omega_{ij} \leq c_{ij} \quad (6) \quad \sum_{i=1}^n \omega_{ij} - t_j \leq f_j \quad (7) \quad \omega_{ij}, t_j \geq 0 \quad (8)$$

さらに式(5)~(8)をまとめると次のようになる。さらに最適解を x_{ij}^* 、 y_j^* とすると、相補条件は式(12)、(13)のようになる。

$$\text{最大化: } z_D = \sum_{i=1}^n u_i \quad (9)$$

$$\text{制約条件: } \sum_{i=1}^n (u_i - c_{ij})^+ - f_j \leq 0 \quad (10)$$

$$u_i \geq \min c_{ij} \quad (11)$$

$$y_j^* \left[f_j - \sum_{i=1}^n \{0, v_j^* - c_{ij}\}^+ \right] = 0 \quad (12)$$

$$[y_j^* - x_{ij}^*] \{0, v_j^* - c_{ij}\}^+ = 0 \quad (13)$$

原問題と双対問題とから解の最適性を式(12)、(13)によって、検討することが出来る。これらの方法を実際の計算には、図1の計算フローに従って計算した。

3. モデルの適用 今回は計算手法を検討することを目的とするので、計算機のメモリーなどを勘案するために比較的狭い範囲の計算に限定した。この計算は実用性を考慮し、変数の特長を生かした計算手法を考えなければならない。また、一般に都市要因の変量は指数分布やさらに偏りの大きい分布のデータからなる

ことなどから、実際のデータを採用し、北九州市戸畑区（人口約 7 万人）を対象にしてモデルの適用を行った。地形の制約の大きい単一の地方都市と見なされ、国調のメッシュデータ（約 500m 四方）で人口 0 を除く 41 メッシュを対象に計算した結果の一部を示す。計算に当たって、原問題の目的関数の係数が人口と距離の積で表される。従って、その計算に当たっては係数 c_{ij} だけで立地位置の初期値を求めがたい。そこで、通常の計算とは異なった人口の大きい順に立地位置を選択し、その方法が有効であることも明らかになった。

4. 計算結果 戸畑区を対象にした施設を 3, 4, 5 か所設置した場合についての計算結果を示す。図 2 は人口と施設利用圏域の計算結果である。黒丸の半径は人口、すなわち利用者数に比例した大きさを表している。最大人口は 4177 人から、最小 30 人までと大きく異なっている。その人口分布の影響が見られる。次に、施設の最適設置を図 3 に黒丸で示した。人口の大きいゾーンに設置される傾向があるため、利用圏の中心から離れた位置に設置されることとなっている。

5. まとめ 施設の最適配置問題は多くの研究者によって検討されてはいるが、いずれも実用的な近似解法に頼らざるを得ないようである。現象を機械的に計算する貪欲法はそれなりに有意義な方法で時間を必要とするが、メモリーの消費量は少ない。本研究の方法は計算時間を短縮し最適性の検討が実施できるので有効である。

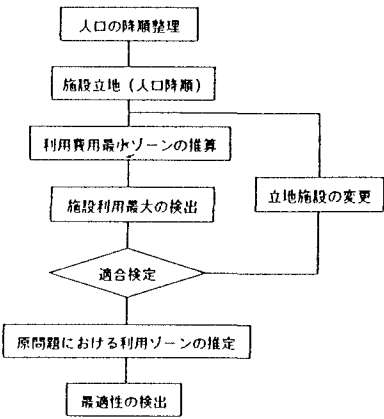


図 1 計算フロー図

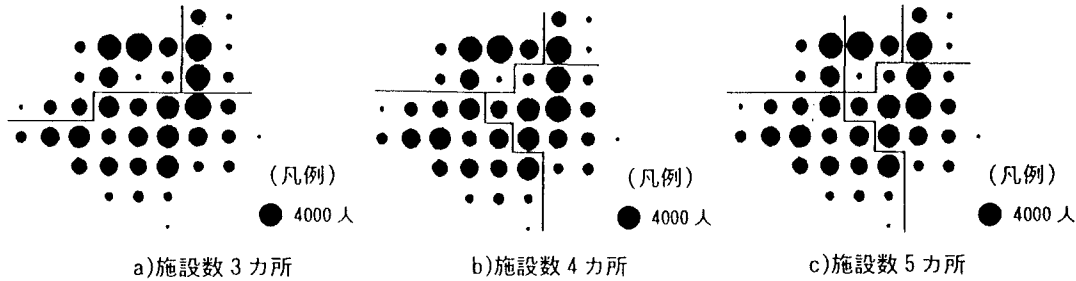


図 2 人口と施設利用圏域

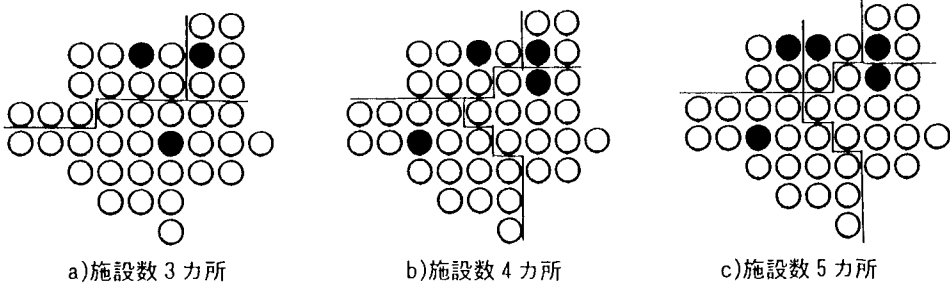


図 3 施設設置位置

参考文献 1)土木学会西部支部講演概要集、pp.718-719
 2)D.Erlenkotter:A Dual-Based Procedure for Uncapacitated Facility Location,Opns.Res.Vol.26,No.6,pp.992-1009,(1978)
 3)P.B.Mirchandani:Discrete Location ThoryWiley-Interscience,(1990)