

II-428 ゴミ処理施設の規模・配置計画に関する事例研究

東京都立大学大学院 学生員 ○堤 暢彦
 東京都立大学工学部 正員 小泉 明
 東京都立大学工学部 正員 川口士郎

1, はじめに

地域における、ゴミ処理施設(以下処理施設と呼ぶ)の数、位置、規模を計画するいわゆるロケーション問題は、従来、ゴミの収集輸送問題の一環としてその経済的要因に着目し、数学的解法が適用されてきた。この問題を直感的に考えると、一ヶ所だけ処理施設を建設する場合、隅より中心に近い方がより合理的であり、複数ヶ所建設する場合は、一ヶ所に集中させるよりはある程度分散させた方が合理的であるといえよう。一方この問題は数学的には、各処理施設からゴミ収集車が定められた地区を巡回して戻って来るための収集輸送費用、および処理施設の建設費用の総和が最小であるように最適解を求めることといえる。1)2)

本研究では、これらにより現在処理施設が稼働している地域についての事例研究を行い、処理施設の位置と規模を決定し、現行の位置との違い(偏心)について検討を加えることとする。なお解法は、線形計画法によっているが、この方法は処理施設の代替案を抽出するまでに多大な時間を要するため、これを短縮させる方法を考案している。

2, 対象地域

本研究における対象地域は、面積約120km²,人口約19万人である。ネットワークを図-1に示す。このネットワークのノードは、対象地域を42分割した各地区の図心であり、隣接した地域のノードはリンクで連結されている。また、処理施設はいずれかのノードに建設されるものとして、そのノードを特にセンターと呼ぶことにする。現在ノード5に処理施設(焼却施設:120t/24h×2炉)が稼働中であり、全地域から発生するゴミを処理している。各ノードから発生するゴミ排出量の一日当たり平均値を表-1に示す。

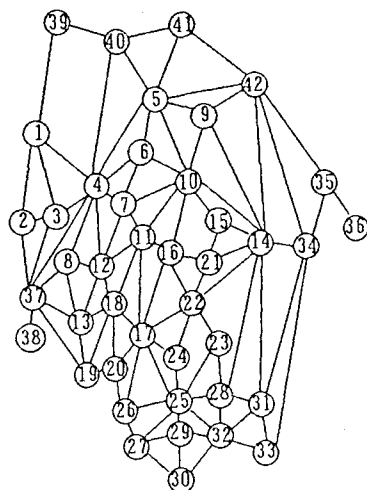


図-1 対象地域

3, 解法

解法を線形計画法によるとすれば、目的関数は収集輸送費用と処理施設建設のための固定費用の総和となり、制約条件とともに以下ようになる。なお、維持管理費は処理量に線形であるとすれば解の結果に直接影響しないので、目的関数の中には含まれていない。

(目的関数) $a \mathbf{D}\mathbf{X}' + b \mathbf{k} \rightarrow \text{Min}$

(制約条件) $q_i = \sum_j x_{ij}$, $Q_j \geq \sum_i x_{ij}$

ただし、 $x_{ij} = q_i$ or 0であり、 \mathbf{k} の要素 k_i はノード i がセンターであれば $k_i = 1$ 、そうでなければ $k_i = 0$ である。また

\mathbf{X}' : 行列 \mathbf{X} の転置行列で、成分 x_{ij} は、ノード i からセンター j まで輸送されるゴミ重量(ton/日)

a : 輸送単価(円/ton・km/日)、 b : 建設固定単価(形式上行ベクトル、円/ヶ所/日)

\mathbf{D} : 距離行列であり、成分 d_{ij} はノード i からセンター j までの最短経路の長さ(km)

表-1 各ノードのゴミ排出量(ton/日)

ノード	2	3	4	5	6
1	1.99	1.85	1.90	1.75	2.32
7	2.16	1.28	2.30	2.35	1.89
13	1.26	0.00	1.86	1.84	0.52
19	0.94	1.14	2.14	1.18	1.92
25	1.93	1.48	1.35	2.14	1.19
31	1.95	1.85	1.34	1.80	1.31
37	34.37	4.08	2.70	2.70	2.70

k : センターの有無を示す k_i を成分とする列ベクトル

q_i : ノード i のゴミ排出量 (ton/日)

Q_j : センター j の許容重量、すなわち処理施設の規模 (ton/日)

建設費用は、本来処理量とは非線形の関係であると考えられるが、実際にこのことを考慮することは困難であるので、処理量に線形である費用(維持管理費と同様の理由で無視される)とセンターの数に線形である費用の和に近似されるものとする。

つぎに、線形計画法は、プログラムの上では変数領域を多く必要とし、計算時間も長くなる。さらに、この計算を処理施設の代替案総ての組合わせについて繰り返し行わなくてはならない。そこで、目的関数の第一項だけを取り上げ、処理施設の規模に制限を与えなければ計算は比較的簡素になる。この計算方法を最短ルート法と呼ぶこととし、これは複数のセンターがあるとするれば、各ノードから発生するゴミは最短ルートで達し得るセンターに輸送することが最適であるという考え方によっている。この解法のアルゴリズムを図-2に示す。以上のことから、本論で提案する方法は、最適ルート法により処理施設候補地の代替案を作成した上で、線形計画法による最適規模配置計画案を抽出するものである。なお、計算は16ビットのコンピュータで行っている。

4. センターの最適配置と偏心

最短ルート法を用いて、センターを1~4個配置する場合のノードとそのときの収集輸送費用を計算した結果を表-2に示す。ここで、輸送単価 a 、建設固定単価 b の比率を変化させ総費用を線形計画法で計算すると最適センター数も変化する。 $a:b=1:10 \sim 1:200$ まで変化した場合のセンター数の差異による変動を図-3に示す。

つぎに、 a 、 b の値を決定することによって、最適センター数も得られるわけである。 a の値は59年度の実績により一日単位重量距離当たり1737円という推測値が得られる。また、 b の値は建設費を耐用年数(20)×365で割ったものを一日当たりの固定費の代用とすることにより、335 290円という値を得る。よって、 $a:b=1:193$ となり、図-3によりセンターはおおむね一個であることが妥当であるといえる。

また、現行のノード5と、最適配置ノード12での当モデルにおける収集輸送費用の差は、一日当たり約26万円(現行の約3割)であると計算できる。

5. おわりに

本研究では、ゴミ処理施設の規模・配置計画を策定するための方法を提案し、この方法を用いた事例研究を行い、最適センター数、並びに現行の処理施設との偏心を明らかにした。ここで、提示した方法は、汎用性を有するものであり処理施設の増設計画にも適用できると考える。なお、今後の課題としては、ゴミの収集経路も考えたルーティング問題との関係を明らかにすることが残されている。

〔参考文献〕1)川口・田崎:ごみ焼却場の設置のための地域分割問題, 環境問題シンポジウム講演会4, 1976

2)Linvil G.Rich:Environmental Systems Engineering, McGraw-Hill, 1973

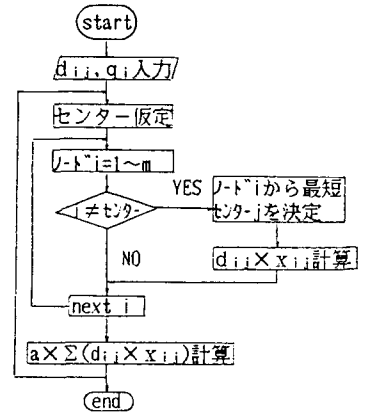


図-2 最短ルート法

表-2 センターの最適配置

センター数	ノード	輸送費用(円/日)
1	12	546 572
2	16.37	350 780
3	22.37.40	267 797
4	10.25.37.40	210 176

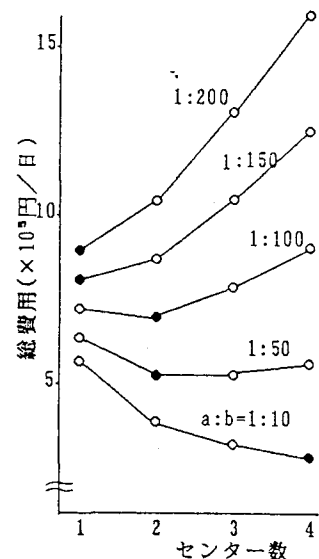


図-3 最適センター数