

II-562

ファジィ線形計画法によるゴミ収集輸送計画に関する一考察

東京都立大学工学部 学生員 ○戸塚 昌久

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 稲員とよの

1. はじめに

都市ゴミの収集輸送計画を策定する際に、前段階としてゴミ量を予測する必要がある。従来の収集輸送計画は、推定されたゴミ量の期待値を用いて行なわれることが多く見受けられた。しかし、将来のゴミの発生は不確実なもので、これを正確に予測することは極めて難しい。また、対象地域を一樣ではなく地域特性を考慮するのであれば、将来のゴミ量の推定範囲(ゴミ発生量の不確実性)の情報をもとに計画目標値を定める必要があると思われる。そこで、本研究ではゴミ発生量の不確実性を含む場合の収集輸送問題に関して、ファジィ線形計画法¹⁾(以下、ファジィLPと略す)を適用して、ゴミ発生量のあいまいさを考慮した収集輸送モデルを示すこととする。

2. モデルの定式化

地域のゴミの発生は面的で不確実なものであるが、これを有限個の点より発生するモデルに代えることにより問題を扱いやすくなる。また、対象地域には複数のゴミ処理施設が計画されていて、市町村等の行政区分により細分割されているとすれば、分割区域の図心と処理施設を点(ノード)で表し、また隣接している区域と処理施設のノードを線(リンク)で結び、ネットワーク化することができる。そして、問題は各区域から発生するゴミ量の計画目標値を定め、各処理施設への輸送量を決定することとなる。

ここで、ゴミ発生量を『推定量 q_i は、最小限 b_i 、最大限 c_i であるが、できるだけ推定水準である t_i 付近で決定したい。』という内容で推定を行なうことにし、これをファジィ理論のメンバーシップ関数で表せば図1のようになる。このとき、地域特性を考慮して、安全性を重視するのであれば推定水準を上限側 t_i'' に、逆に経済性を重視するのであれば推定水準を下限側 t_i' に移動すればよい。また、総輸送費の要求も同様に『総輸送費 Z は、だいたい Z_L 以下にしたい。』という内容とし、許容できる幅($Z_U - Z_L$)を設定して図2のメンバーシップ関数で表す。

図1 ゴミ発生量のメンバーシップ関数

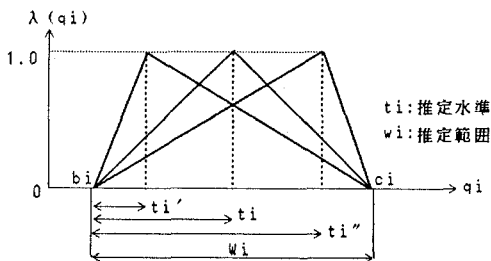
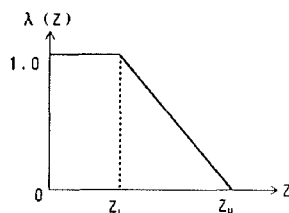


図2 総輸送費のメンバーシップ関数



以上のモデルにファジィLPを適用すれば、以下に示すように(1)の目的関数を(2)から(7)の制約式のもとで最大化することで、各分割区域のゴミ量の計画目標値、対象地域全体の総輸送費と輸送経路を決定する問題として定式化できる。つまり、各分割区域から処理施設への輸送量はゴミ発生量に等しく、また各処理施設へ輸送されるゴミ量は処理能力以下であるという通常の制約条件に、図1のゴミ発生量と図2の総輸送費の要求を線形のメンバーシップ関数で表したファジィ制約条件を加えるというもので、輸送費の単なる最小化ではなく、メンバーシップ関数値 λ をできるだけ大きくすることになる。

$$\text{Maximize } Z_0 = \lambda \quad \dots\dots\dots (1)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = q_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (2) \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq p_j \quad (j=1, 2, \dots, m) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\lambda \leq 1 - \frac{t_i - q_i}{t_i - b_i} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots (4)$$

$$\lambda \leq 1 - \frac{q_i - t_i}{c_i - t_i} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots (5)$$

$$\lambda \leq 1 - \frac{Z - Z_L}{Z_U - Z_L} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r \cdot d_{ij} \cdot x_{ij} \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに、ノード*i*:分割区域、ノード*j*:ゴミ処理施設、*n*:分割区域数、*m*:処理施設数、*q_i*:ノード*i*でのゴミ発生量の推定量[ト/日]、*x_{ij}*:ノード*i*よりノード*j*に輸送されるゴミ量[ト/日]、*d_{ij}*:ノード*i*よりノード*j*までの距離[km]、*p_j*:ノード*j*の処理施設の処理能力[ト/日]、*r*:費用換算係数(円/ト・km)

3. ケーススタディー

ケーススタディーとして図3に示すネットワークを対象とする。ここでは、分割区域を3つに分類して、地域特性を考慮したゴミ発生量の推定を行なう。そして、パターンAの安全性とパターンCの経済性を重視して、パターンA、B、Cの推定水準の位置(*t_i/w_i*)を各々0.95、0.5、0.05に設定する。ここに、予算に応じた3ケースを想定してモデルを適用すれば、図4に示すような対象地域全体の総輸送費、計画目標値が得られて、これが予算に応じたものであることがわかる。また、このときのパターン別の目標値も同様に増減するが、増減の割合は異なりパターンA、B、Cの順で大きくなっており、地域特性の相違を示すもののだといえる。図3に示す標準ケースの各分割区域の目標値を推定範囲の平均に対する相対値で図5に示す。この図から、安全性を重視したパターンAは平均に対して正側、経済性を重視したパターンCは負側の下限付近で目標値が決定されている。この結果は、地域特性が考慮されていることを示している。

図3 対象地域のネットワークと輸送経路
(標準ケース)

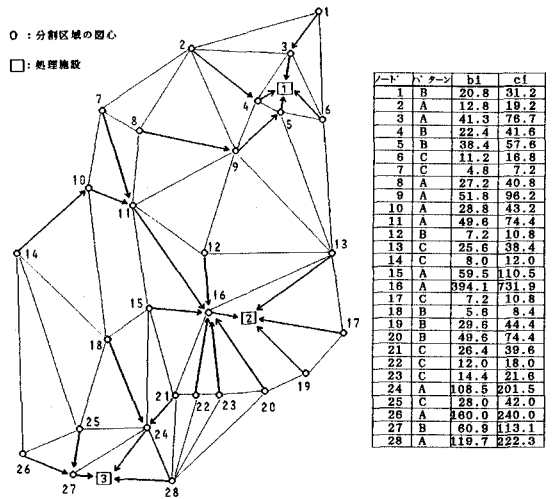


図4 各ケースの計画目標値と総輸送費の関係

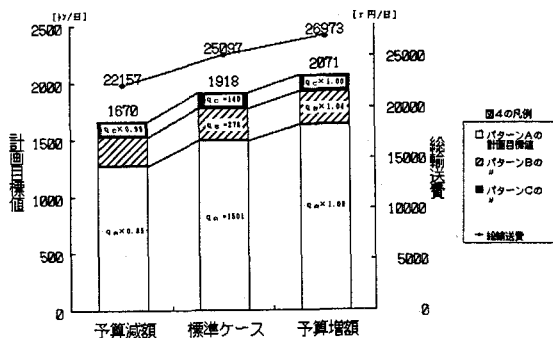
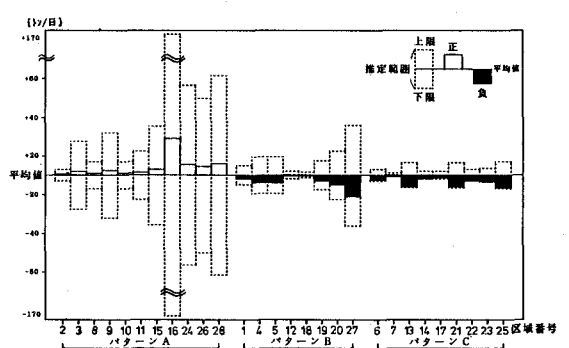


図5 分割区域の計画目標値 (標準ケース)



4. おわりに

本研究では、ゴミ発生量が不確実性を含む場合の収集輸送問題に関して、ゴミ発生量並びに地域全体の経済性といったあいまいさを考慮した収集輸送計画の方法をファジィ線形計画法によって提示した。なお、この方法は地域特性を考慮できるものであり、さらには、経済的要求の変化(予算の増減)にも対応できるものである。

【参考文献】1) Zimmermann, H.-J.: Description and Optimization of Fuzzy Systems, Int. Journal of General Systems, 2, pp. 209-215 (1976)