

IV-22 ゴミ収集における配車計画に関する基礎的分析

徳島大学工業短期大学部 正 ○ 山中 英生
 徳島大学工学部 正 青山 吉隆
 徳島県 秋山 哲也

1. はじめに

都市域のゴミ処理問題が議論されるようになって久しいが、最近では、OA化や消費増大とともに深刻な状況を呈してきている。ゴミ処理では焼却場建設や最終処分地立地等の問題が多く議論されているが、処理費用の約半分を占める収集作業の効率化が自治体の懸案となっていることも見逃せない。そこで、本研究では、ゴミ収集配車計画を策定する上での基本的考え方を考察した。なお、本稿は徳島市における新規清掃工場稼働に際しての配車計画見直しを念頭にしたもので、自治体による一般家庭ゴミ収集を対象としている。

2. ゴミ収集配車計画

1) V.S.P. による従来のアプローチ

ゴミ収集配車計画は、従来から輸送計画の一分野として、商品配達や貨物集配と同様のアプローチを適用する方法が考えられている¹⁾。これは、「配送計画問題 (vehicle scheduling problem : V.S.P.)」と呼ばれ、図1のように複数の顧客の需要、車両の積載容量、台数、配送センターと顧客間の移動時間を既知として、各車両の効率的経路を決定するものである。その最適解やその近似解を求める手法がいくつか提案されている²⁾。ゴミの場合は配送ではなく収集で需要は排出量と考えることになる。

2) ゴミ収集配車計画の性格

しかし、実際に市域のゴミ収集配車計画を考えた場合、V.S.P.を単純に適用できない点が見られる。

第一に、ゴミの場合、分散した収集場所を巡回しなければならないことは普通起こらない。ゴミ収集車は図2のように担当地域内のゴミを積載要領一杯まで収集して清掃工場に戻るのを繰り返す。一回の収集における巡回ルート決定には図1を適用できるが、収集は年間を通じて定常的に繰り返えられることから、経験に任せても効率面でさほど問題はない。つまりゴミ配車計画では、巡回コースよりも車両別

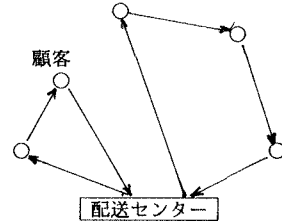


図1 配送計画問題

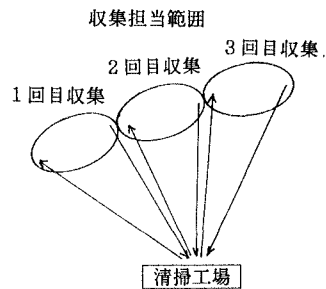


図2 ゴミ収集における収集車の動き

収集担当地域の配分がより重要な問題となる。

さらに、もしゴミ排出量が確定的に決まるのであれば、ちょうど1回の積載量となる収集範囲に全ての地域を分割が可能であり、この場合、収集地域をどのように車両に配分しても、総作業時間（車両の移動時間と収集時間）は一定となってしまう。むしろ、ゴミ量によってこうした最適分割は変化するが、車両と清掃工場を固定した場合、システム効率化の可能性はさほど大きくはないことを示している。

このため、ゴミ配車計画における計画目標は、むしろ車両別の作業時間の公平化とする要請の方が高くなる。ゴミ排出量の日変動は大きく、徳島市の1988年のデータでは最大一日ゴミ収集量は平均収集量の2.6倍である。しかもゴミはその日のうちに収集処分しなければならないため、車両、人員等の配置はこうしたピークを想定する必要がある。したがって、こうした余裕を持つ配備車両を平均して稼働させることが必要になってくるわけである。また、特に自

治体直轄では人員配置の柔軟化は難しく、作業員への作業公平配分の要請は強い。

以上の点から、本研究では、ゾーン別ゴミ排出量とその収集作業時間を既知として、ゴミ収集配車計画を以下のような整数計画問題として考えた。

$$\sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n T_i X_{ij} - T)^2 \rightarrow \text{minimize}$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 1, \quad \sum_{i=1}^n X_{ij} \geq 1$$

$$\sum_{i=1}^n T_i X_{ij} \leq T_u, \quad \sum_{i=1}^n G_i X_{ij} \leq G_u$$

X_{ij} : ゾーン*i*が車両*j*の担当の時1、ない時0
 T_i : ゾーン*i*のゴミ収集に要する時間
 T : 車両平均収集時間= $1/m \cdot \sum_{i,j} T_i X_{ij}$
 G_i : ゾーン*i*から排出されるゴミ量
 T_u : 車両の一日作業時間上限
 G_u : 車両の一日収集ゴミ量の上限
 m : 車両数 n : ゾーン数

ただし、この0-1整数計画問題は、問題規模が大きくなると厳密解の探索が困難となるため、解を漸次改善していく手法で近似解を求める必要がある。

3. ゴミ排出量モデルと収集作業時間モデル

この問題を実際に適用するには、市域を分割したゾーン別の排出ゴミ量と収集時間を求める必要がある。以下では徳島市でのモデル作成結果を述べる。

こうした小地域のゴミ排出量を予測するため、徳島市の昭和63年度の可燃ゴミ収集実績から車両別年平均ゴミ収集量を、住宅地図と町丁目別人口から各車両の収集担当ゾーンの常住人口を推定して、重回帰分析を適用したところ、表1のモデルが得られた。

また、作業時間については、43日間、延べ1634台分のサンプルの作業開始時刻と終了時刻、出動回数、収集ゴミ量を分析した結果、作業時間を最も左右するのは出動回数であることがわかった。ただし、データでは移動時間と収集時間の内訳は不明で、しかも各車両が複数の収集ゾーンを担当して巡回経路も不明なため移動時間の推定が難しい。そのため総移動時間は各ゾーンへのアクセス時間の加重平均（ゴミ排出量をウェイト）に出動回数を乗じたものと仮定し、さらに収集時間はゴミ収集量に比例すると仮定した。そして、車両別・曜日別・出動回数別の平均作業時間をサンプルとして分析した結果、表2の

表1 ゴミ排出量推計モデル

$$G_i = (0.5913 P_{ui} + 0.4678 P_{si} + 0.3678 P_{ri}) \times 10^{-3}$$

(18.8) (23.4) (9.6)

$$R^2 = 0.7907 \quad \text{サンプル数: 114} \quad () \text{は } t \text{ 値}$$

G_i : 地域*i*の一日あたりゴミ排出量 (ton/日)
 P_{ui} : 地域*i*の中の中心市街地部の人口 (人)
 P_{si} : 地域*i*の中の周辺市街地部の人口 (人)
 P_{ri} : 地域*i*の中の郊外部の人口 (人)
 (中心市街地部、市街地部、郊外部は徳島市の21行政地域を世帯あたり平均人口をもとに分類)

表2 収集作業時間推計モデル

$$T_{jd} = 2 \cdot K_{jd} \cdot \left(\sum_{i \in C_{kj}} G_i \cdot A_i / \sum_{i \in C_{kj}} G_i \right) + \alpha \left(\sum_{i \in C_{kj}} G_i \right)$$

T_{jd} : 車両*j*の*d*日における1日総作業時間 (分)
 K_{jd} : 車両*j*の*d*日における出動回数 (回)
 C_{kj} : 車両*j*の*d*日における収集担当ゾーン集合
 G_i : ゾーン*i*のゴミ排出量 (ton)
 A_i : ゾーン*i*と清掃工場間の時間距離 (分)
 α : 1 tonあたり収集時間を示すパラメータ
 重回帰分析により $\alpha=12.68$ ($t=21.2$, $R^2=0.63$)

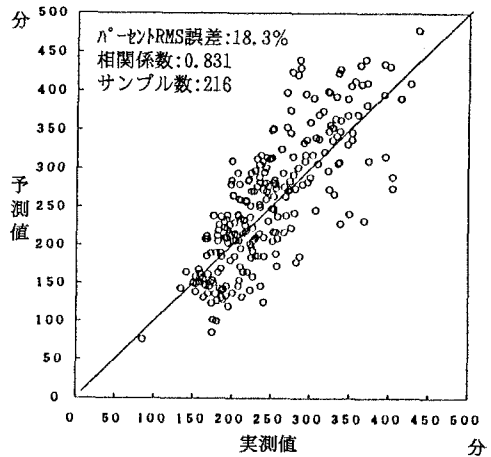


図3 収集作業時間推計モデルの再現性

モデルが得られた。図3はモデルの現状再現性を示したものである。

5. おわりに

実際の計画では、徳島市を2工場・2収集曜日パターン（月木収集と火金収集）の計4つの地域に分割し、それぞれ数十のゾーン（従来から計画に用いられていた巡回コース）を車両に配分している。この結果については、講演時に発表する。

参考文献

- 1) 東工大阿部研究室: ゴミ収集輸送、流通設計, pp. 34~40, 1971.8
- 2) 阿保栄司: 物流ソフトウェアの実例、日刊工業新聞社, 1977