

北海道大学 正員 ○茂泉 博史(現・宮城県庁)

正員 松藤 敏寿

正員 神山 桂一

正員 田中 信寿

1. はじめに 都市ごみ収集輸送に関する経費の増大がしばしば問題にされるが、対策を検討し実施するためにはその効果を事前に推定できなければならず、それには精度の良いモデルの作成が要求される。著者らはS市N区を対象として計算機モデルを作成したが、本報告ではモデルを得るに至った過程を中心に述べ、実際の計算例を紹介する。紙面の都合上、モデルの細部については別に報告する。

なお、S市N区は人口約20万人であり、現在23台の収集車により週2回の一般ごみ収集がステーション方式で行なわれている。図1にN区の概要を示す。図中の小さなブロック(23×3=69個)は収集車一台あたりの担当区域を表わしている。

2. モデル作成 まず基礎データ収集のために一週間にわたり収集車の追跡調査を行なった。結果の一例としてステーション間の距離と移動速度の関係を図2に示す。この図に見られるように収集作業にはさまざまなランダム要素が含まれ、一日の作業時間に及ぼすそれらの影響の度合を調べるためにモンテカルロ法による検討を行なった。すなわち、測定された事象のランダムさを乱数発生により再現させ、追跡調査対象ブロックの諸データを用いて作業時間のバラツキを見たのであるが、その標準偏差は全体の作業時間の2～3%にすぎず、乱数を用いるまでもなく確定論的(⇔確率論的)モデルで十分であると判断した。

モデルの各数値は、輸送速度(収集現場、清掃工場、清掃事務所間の移動) = 40 km/h (=市内制限速度)、移動速度 = 図2の実線(距離1000mで40 km/hに飽和)、単位ごみの積込み時間 = 0.41 sec/kg、準備時間(ステーション到着～積込み開始、および積込み終了～発車) = 24 sec/ステーション、清掃工場における排出時間 = 4 min、である。

次に追跡調査結果との比較を行なったところ、場所によって輸送・移動に要する時間の誤差が大きくなった。追跡調査の経験から、これは信号待ち、優先道路に出る際の一時停止、渋滞など、交通状況の違いによるものであると考えられる。モデルの精度を高めるためにはこのような地域の交通特性を表現しなければならない。そこで次の手順に従って収集ブロックごとに交通状況を表わす係数 α を決定した。

①各収集ブロック内のステーション数、移動距離、事務所・工場からの輸送距離を地図上で測定する。

②収集車のタコグラフから作業時間を、作業記録から収分量・作業パターン(搬入回数、現場～事務所の往

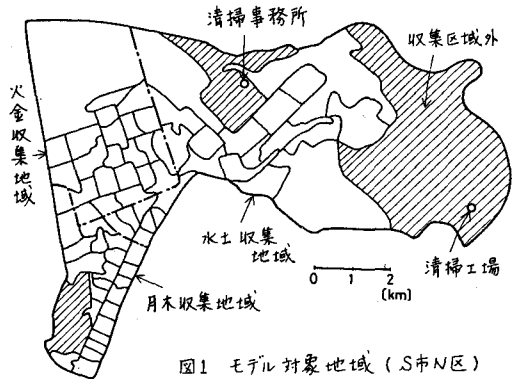


図1 モデル対象地域(S市N区)

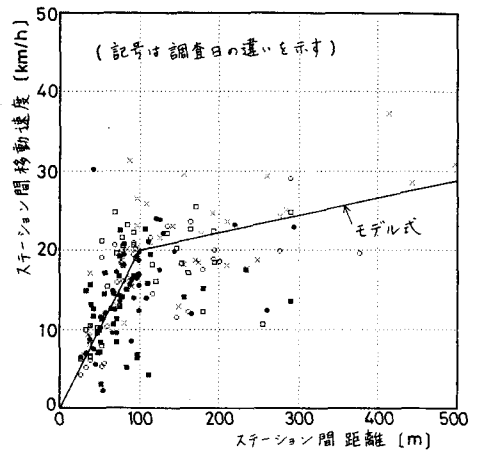


図2 ステーション間の移動速度

復回数など)を読みとる。

- ③各収集ブロック内の輸送・移動速度に係数 α を乗じ、全ブロックにわたって作業時間の計算値と実際値との差が小さくなるような α の分布を決定する。

こうして交通状況の違いを考慮することにより作業時間の誤差は図3(a)から(b)のように小さくなり、ほとんどのブロックで10分以内におさまった。(作業時間は200~240分。)

さらに清掃事務所での聞きとり、追跡調査の経験に基づき計算のアルゴリズムを構成した。その主な点は「午前の作業は時間にそれほどとらわれず、収集車が満載となるまで続け、清掃工場へ輸送し排出する時間がなければゴミを積んだまま事務所へ戻る。午後は作業終了が同時刻になるよう複数の収集車が互いに応援し合っている事実を考慮し、所定時間内で終了するだけの収集作業を行なう」としたことである。

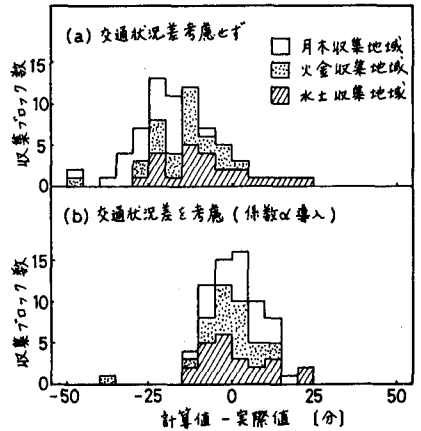


図3 収集時間の計算誤差

3. 計算例 (1) 収集頻度の変更 一般に日曜は収集作業を行わないため一週間の収集日間隔は一定ではなく収集曜日により収集量が異なる¹⁾。収集頻度が n 回/週²⁾のとき、一週間の最大収集量は収集量を W [t/週]とすれば単純に収集日間隔から $\frac{W}{n}(1+\frac{6}{n})$ となる。そこで全ブロックのゴミ量をこの割合で変え、一台あたりの作業時間が現在と同じになるような全地域収集に要するのべ収集車台数 n_c を求める。週6回収集の場合全地域を6/7日間で収集するから、実際に必要なのは $n_c/(\frac{6}{7})$ 台である。

計算の結果収集車台数は、19台($n=1$)、23台($n=2$ =現状)、28台($n=3$)、41台($n=6$)となり、収集頻度を増すと共に必要な収集車台数がかなり増加する。

(2) 清掃工場位置の変更 現在N区で収集されたゴミが搬入される清掃工場は図1のように離れたところにある。そのため輸送に要する時間が長く、全作業時間の56%(シミュレーションによる)を占めている。そこで清掃工場位置を変更することで収集車台数がどのくらい違うかを検討する。ただし立地条件等の現実的な制約は考えない。計算を行なうには清掃工場を任意のブロックに置いたときの各ブロックからの輸送距離を知る必要があるが、それには既に発表した最短経路探索のアルゴリズム²⁾を用いた。

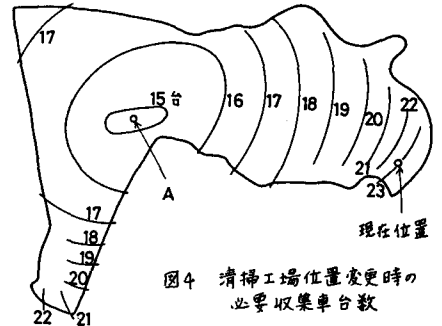


図4 清掃工場位置変更時の必要収集車台数

再び一台の作業時間が現在と同じ、という条件の下で計算を行

ない、結果を図4に示すが場所により相当の差が認められる。例えば点Aに清掃工場を設置した場合収集車は15台で良く、全作業時間のうち輸送の占める割合は35%、輸送時間の絶対値は現在のそれの42%であり、収集の効率率は格段に向上する。

4. おわりに モデル化にあたっては、収集作業自体に含まれる確率的要因はほとんど問題になくして良いこと、むしろ地域の交通特性の把握がモデルの精度上重要であること、が主要な結論である。もちろんこのままではデータ収集だけでも手間のかかる仕事であり、他都市にどの程度応用できるのかも未知数である。しかし今回収集作業のランダムさを無視できたように、更に検討を進めることでより簡略化された一般的・実用的なモデルを作成できる可能性は大いにありと考えられる。

参考文献 1) 松藤・神山・田中他、都市ゴミ収集量の変動に関する研究、第40回土木学会年講(第II部)

2) 松藤・神山・田中、都市ゴミ収集輸送モデルのための最短経路探索アルゴリズムについて、第6回全都清掃講演文集 p98