

ごみ収集の予備的シミュレーションモデル

都立大学 ○猿谷 彰

山根 彰

川口士郎

ごみは、通常人力によって車へつみこまれ、運搬処分されている。ごみを素朴な手段、すなわち人と車で収集しているのであるから、人件費、車の維持費などが清掃事業費の大半を占めることになる。我々は、このごみ収集に着目し、その合理化への *one step* として、予備的なシミュレーションモデルを作成し、その挙動を把握した。

1. ごみ収集に関する要素

我々は、ごみの収集作業を標準的に次のように考えた。排出者、すなわち家庭、商店、工場などからのごみは、各排出者によって収集点に集積され、清掃事業体の収集車によって規則的に収集される。適当な空地、もしくは路上に設定された収集点には、適当な世帯数の住民の排出するごみが集積される。各排出者から収集点までの距離は、住民の労力負担や収集点の広さなどを考慮して、各布ごちに適当に定められているのが通例である。任意の収集区域には、いくつかの収集点が含まれる。収集車は、ある収集区域内のいくつかの収集点を回って、そこに集積されているごみを収集したのち、焼却場、もしくは埋立地へ運搬する。その収集量は、主に次のような要素によって変化する。

- (1) 各収集点での発生ごみ重量
- (2) 収集点間の走行時間
- (3) 収集車の積載許容重量
- (4) 載荷時間
- (5) 運搬時間
- (6) 処理場などでの消費時間

2. シミュレーション モデル

収集車1台の1日の行動を示すフローチャートを(図-1)に示す。このフローチャートは、実際の収集作業を参考にして作成したものである。収集作業は次の *time-table* に従って行われるものとする。

1. 8時：車庫で作業開始
2. 8時から収集車の点検、および給油
3. 8時15分：収集区域へ出発、収集作業開始
4. 10時を過ぎたら15分間休憩
5. 12時15分頃に午前の収集終わり、その場で昼食
6. 45分間から55分間の昼食時間をとる

7. 14時を過ぎたら15分間休憩

8. 15時40分頃に1日の収集終り

9. 洗車, 入浴などして, 16時30分頃までに車庫入り, 1日の作業終了

このモデルにおいては, 次の6要素が存在する。

(1) 収集点における発生ごみ重量

(2) 収集車の積載許容重量(TC): 上限を指定して, その9割から10割の間で一様分布するものとした。

(3) 載荷効率: 収集点で, 単位ごみ重量(Kg)を収集車に載荷するのに要する瞬間(分)。

(4) 運搬時間: 収集区域から処理場までの時間, もしくは処理場から収集区域までの時間。

(5) 収集点間の走行時間

(6) 処理場での消費時間

これらの要素について, その値を変化させたとき, 1日の収集量がいかに変わってくるかを計算した。そこで, (3)から(5)までの要素については定数とし, (1)の要素については, 平均値を100kgとして, 正規分布している場合と一様分布している場合とを考慮, 前者については分散を, 後者についてはその変動巾を変化させた。(6)の要素については, Y市の場合を例として, 3分から7分の間の一様分布とした。

(図-1)に示すフローチャートは, 次のような仮定に基づいて作成されたものである。

車庫から収集区域までの走行時間を10分, 処理場から車庫までの時間を10分とした。収集車が収集区域と処理場の間を往復する片道時間を運搬時間とし, 両時間は等しいものとした。収集点には番号をつけ, 常にその番号順に収集するものとする。それぞれの収集点における発生ごみ量は, その分布ごとに, 最初のrun(実行)で指定した。分布として, 正規分布と一様分布を使い, 前者ならその平均(μ)と分散(σ), 後者ならその平均と変動巾を変化させた。収集車の積載許容重量と処理場での消費時間は一様分布とし, 各runごとに異なった初期値をもつ乱数を与えた。

3. 計算結果

(図-2)は, 収集点における発生ごみ重量が, 正規分布している場合と一様分布している場合とを比較し, その影響をみようとしたものである。正規分布の場合, 平均値: $\mu=100\text{kg}$, 標準偏差: $\sigma=10\text{kg}$ とし, 一様分布の場合は, $\mu=100\text{kg}$, 変動巾を $\pm 30\text{kg}$ とした。変動巾 $\pm 30\text{kg}$ 内に発生ごみ重量のはいる確率は, 正規分布の場合標準偏差(σ)の3倍であるから約0.997で, 一様分布の場合は1である。(図-2)によると, 分布の違いによる影響はほとんどないが, 若干, 一様分布の収集効率の方がよさそうではある。

(図-3)と(図-4)は, 1台の収集車で1日に収集できるごみ重量が運搬時間によってどの程度影響されるかを示したものである。両図とも, 収集点における発生ごみ量が, $\mu=100\text{kg}$, $\sigma=30\text{kg}$ の正規分布の場合で, 収集点間の走行時間(TT)は0.2分である。両図中, ①, ②, ③は, それぞれ載荷効率(PE)が0.008分, 0.016分, 0.024分の場合で, 実線と破線は, 収集車の積載許容重量(TC)が, それぞれ1000kg, 2000kgの場合を示している。ただし,

(図-3)では縦軸に1日の収集ごみ重量をとり、(図-4)では収集効率をとっている。ここで、(前にも出てきた)収集効率とは、収集ごみ重量(1日の)を、1日の作業時間で除したもので、単位は(kg/分)である。(図-3)におけるパラメータの影響は、(図-4)でより顕著にあらわれている。実線の①($PE = 0.008$ 分/kg)と破線の③($PE = 0.024$ 分/kg)とを比較すると、運搬時間が15分と20分の間で送転している。これは、運搬時間が15分以下の収集区域には、 $TC = 2000$ kg, $PE = 0.024$ 分/kgであるよりも、 $TC = 1000$ kg, $PE = 0.008$ 分/kgである方が収集効率はよく、20分以上の収集区域では収集効率が悪いことを示している。

(図-5)は、収集点における発生ごみ重量の分散の違いによる影響を示したもので、ほとんどその影響はみられない。

(図-6)は、収集点間の走行時間による収集効率への影響を示したもので、予想以上の大きな影響のあることが示された。収集点間の距離を100mとすると、平均速度は、 $TT = 0.2$ 分、0.6分の場合、それぞれ時速30km, 10kmとなる。図をみると、運搬時間が、①の場合20分のところと、②の場合25分のところとで、破線と実線とが送転している。このことは、 TT が0.2分よりも0.6分の方が、収集効率がよくなる場合があることを示している。

(図-7)は、収集効率と積載許容重量との関係を示したもので、図中、①は、発生ごみ重量の平均値(μ)が100kgで、②は、150kgの場合で、どちらもその変動係数(σ/μ)は0.3であり、他のパラメータは、①・②共に同じ値を使っている。

4. 計算結果の考察と総括

モデルにおける要素の影響を総括すると、次のようになる。

(1) 収集点における発生ごみ重量の分布、ならびにその変動量が収集効率に与える影響は、ほとんどない。すなわち、発生ごみ重量の分布を正規分布、あるいは一様分布と考えそれぞれ計算した結果、収集効率に与える効果には、ほとんど差はみられない。(→図-2) また、発生ごみ重量の分布を正規分布として、その標準偏差を平均値の10%、30%、50%と変化させた場合、それぞれの収集効率に与える効果には、ほとんど差はみられない。(→図-5)

(2) 収集効率は、運搬時間が短いほど、収集点間の走行時間が短いほど、さらに載荷効率が小さいほど大きくなっていく傾向があることが(図-4)～(図-7)から看取された。

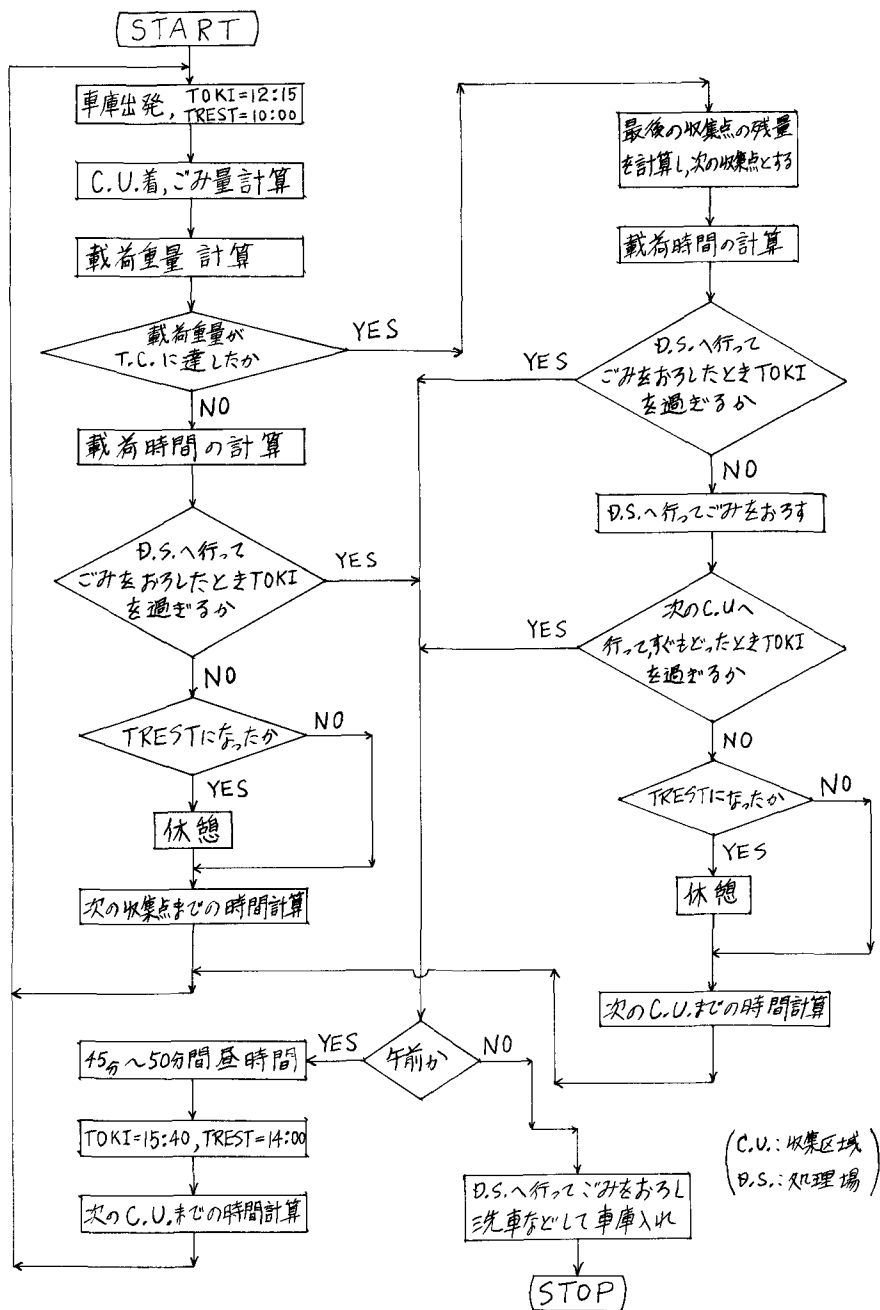
(3) (図-4)において収集効率の変動をみると、積載許容重量(TC)1000kgで載荷効率(PE)0.024分/kgの場合と、それぞれ2000kg, 0.008分/kgの場合とを比較すると、運搬時間が15分以下の場合、 TC が半分でも PE を3倍にした方が収集効率が大きく、運搬時間が20分以上になると、 PE を1/3に低下させても TC を2倍にした方が、収集効率の大きいことがわかる。

(4) (図-4)～(図-7)をみると、(2)で述べたことと相違している場合がある。すなわち、(図-4)において、 $PE = 0.024$, $TC = 2000$ (③の破線)で運搬時間が20分、および30分の2点、(図-6)において、 $TC = 2000$, $TT = 0.6$ (①の実線)で運搬時間が25分の点と、 $TC = 2000$, $TT = 0.6$ (①の破線)で運搬時間が30分の点、さらに、次の

(図-7)では、 $\mu=150$ (②)で $TL=7500$ の点、等これら5点では、前述の考察結果と相違している。これらの相違の原因として、積載許容重量の有効利用されている割合に差があるためと考えられる。このことは、いかに積載許容重量の収集効率に与える影響が大いさを示すものである。

なお、このモデルにおける各要素のごみ収集量に与える効果の定式化については、現在、検討している段階である。また、この丁寧やかな研究を実施するに当たり助言を与えられた、岡山大学の脇本知昌助教授、貴重な資料を提供して下さった横浜市清掃局の宮之原隆、亀井勝雄両氏、さらに東京都立大学衛生工学研究室の左谷正雄教授をはじめとする諸氏によく感謝するものである。

図-1 シミュレーション モデル



四-2
分布の比較

$$\mu = 100, TT = 0.2$$

$$TC = 1000$$

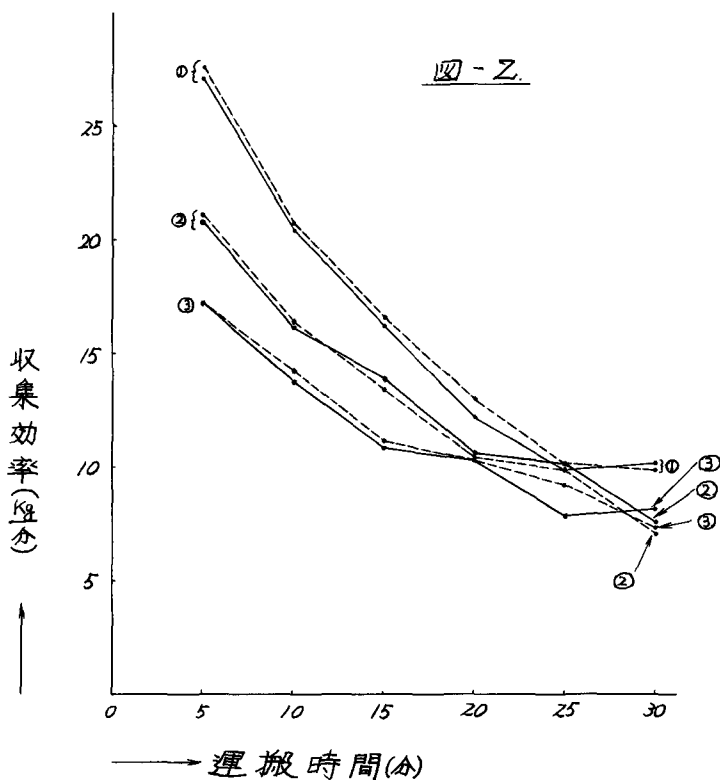
$$(1) PE = 0.008$$

$$(2) PE = 0.016$$

$$(3) PE = 0.024$$

—— : 正規分布
($\sigma = 10$)

----- : 一様分布
(幅 = 30)



四-3
運搬時間と収集ごみ重量

$$\mu = 100, \sigma = 30$$

$$TT = 0.2$$

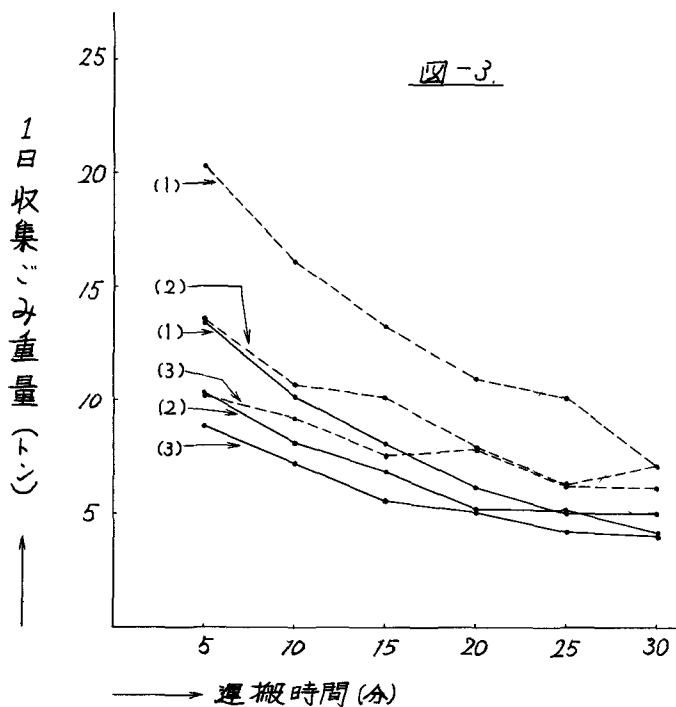
$$(1) PE = 0.008$$

$$(2) PE = 0.016$$

$$(3) PE = 0.024$$

—— : $TC = 1000$

----- : $TC = 2000$



四-4
運搬時間と収集効率

$$\mu = 100, \sigma = 30$$

$$TT = 0.2$$

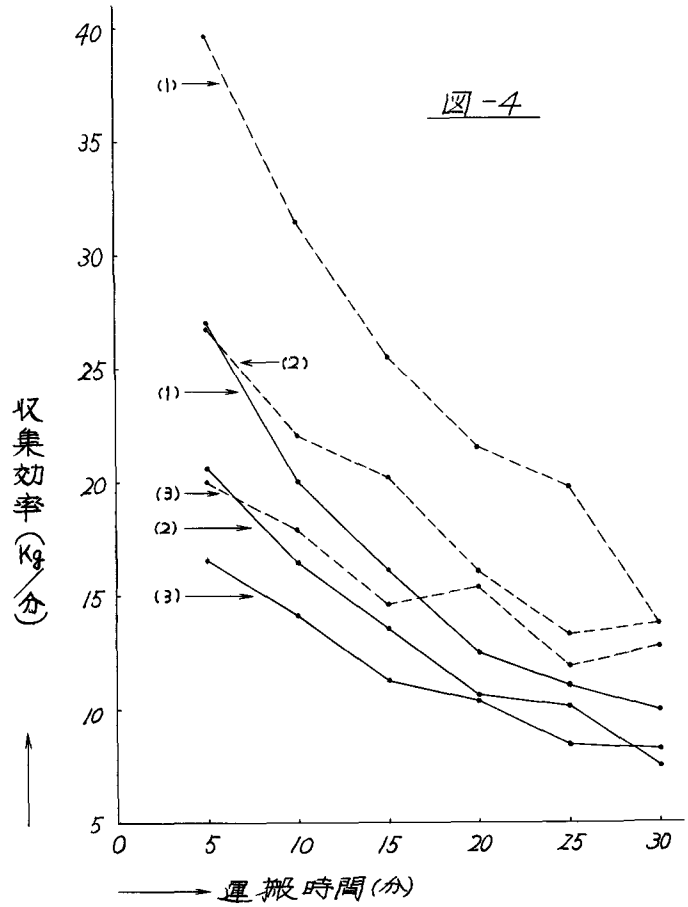
$$(1) PE = 0.008$$

$$(2) PE = 0.016$$

$$(3) PE = 0.024$$

—— : $TC = 1000$

----- : $TC = 2000$



四-5
収集量の変動による影響

$$\mu = 100, TT = 0.2$$

$$PE = 0.016$$

$$TC = 1000$$

$$\sigma = 10$$

$$\sigma = 30$$

$$\sigma = 50$$

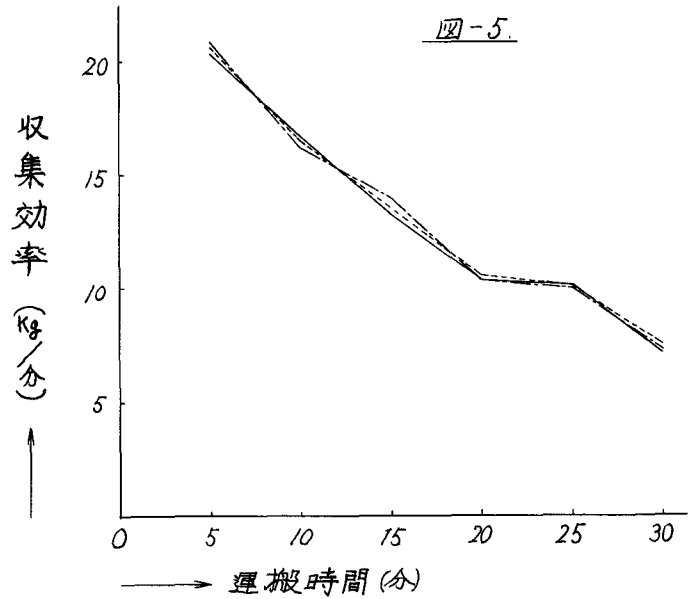


図-6

収集点間の走行時間の影響

$$\mu = 100, \sigma = 30$$

$$PE = 0.016$$

$$(1) TC = 1000$$

$$(2) TC = 2000$$

$$----- : TT = 0.2$$

$$----- : TT = 0.6$$

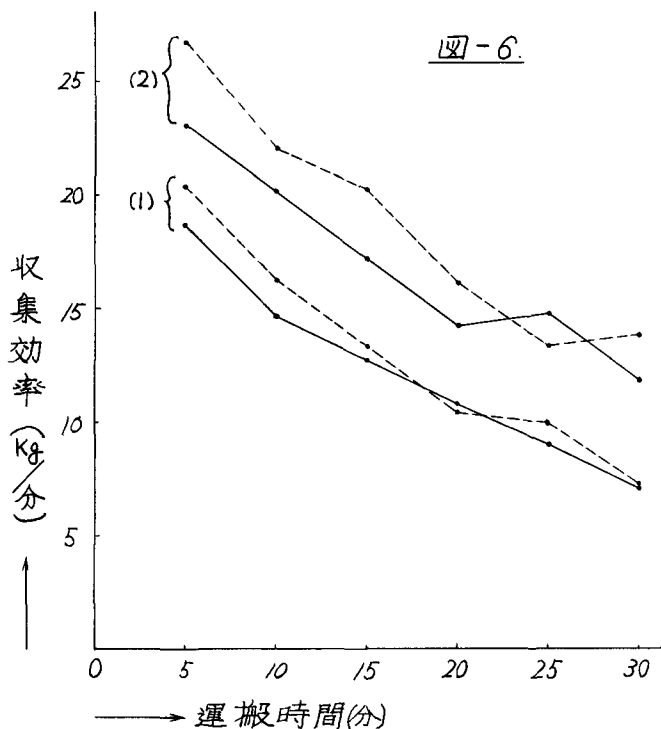


図-7

収集効率と積載許容重量

$$\sigma = 30, TT = 0.2$$

$$PE = 0.016$$

$$\text{運搬時間} = 20$$

$$(1) \mu = 100$$

$$(2) \mu = 150$$

