

(20) 都市ごみ収集量の日変動と住民のごみ排出行動に関する考察

STUDY ON DAILY FLUCTUATION OF COLLECTED AMOUNT OF MUNICIPAL SOLID WASTE

松藤 敏彦^{*}、神山 桂一^{*}、田中 信寿^{*}

Toshihiko MATSUTO^{*}, Keiichi KOYAMA^{*}, Nobutoshi TANAKA^{*}

ABSTRACT: Mechanism of a daily fluctuation of collected amount of municipal solid waste is studied in terms of a deviation $\bar{D}$ from moving average which is obtained by data normalizing procedure.

Assume that some portion of residents don't take their garbage out to garbage stations on one collection day. Those "reserved" waste must be taken out on the next collection day together with waste generated during collection interval. So a daily increase of collected amount of waste always takes place in consequence of a sudden decrease, and both incremental amounts are equal in quantity each other. Such a pattern of the fluctuation is remarkably observed on national holidays with large deviation $\bar{D}$. Brief explanation is given to that phenomenon in relation to residents' behavior. The fluctuation pattern is also observed when the collection day isn't holiday, and rainfall is confirmed to be a leading cause of the sudden decrease.

KEYWORDS: municipal solid waste, collected amount, daily fluctuation

1. はじめに

都市において発生するごみ量が、どのようなパターンの下で変動するのかは、都市でのごみ処理における最も基本的な情報である。そのため筆者らは、まず、年間を通しての大きな変動に注目し、札幌市における可燃ごみの収集量データをもとに、季節変動パターンの年度間、行政区間の比較、変動周期の検討、年末年始・春先の収集量ピークに関する考察などを行った¹⁾。一方、収集量には日単位の細かな変動もあるが、季節的な変動と違って突発的に生じるために、その大きさによっては処理業務に影響することが考えられ、事前に予測できることが望ましい。本報では、この日変動の特徴を明らかにし、併せて、その検討を通して、住民のごみ排出行動を探ることを目的とする。収集量のデータは、前報¹⁾と同様、札幌市のものを用いる。

札幌市でのごみ収集は、一般ごみ（可燃ごみ）と分別ごみ（不燃ごみ、粗大ごみ）の2分別で行われており、いずれもステーション収集で、収集頻度は、一般ごみが週2回（一部の地区を除く）、分別ごみが月2回である。本報では一般ごみを対象とするので、以下ではこれを単にごみと言う。収集量は、区ごとにおかれた清掃事務所単位で集計されているため、各区における一日の合計収集量をデータとする。また、一年のうち、収集を休止しているのは正月3日が日のみで、日曜以外は祝祭日も収集を行っている。

* 北海道大学工学部衛生工学科（〒060 札幌市北区北13条西8丁目）

Dept. of Sanitary Eng., Hokkaido Univ. (Nishi-8, Kita-13, Kita-ku, Sapporo, 060)

2. データの処理方法

2. 1 収集量の基準化表示

週2回収集の場合、全地域は、月曜・木曜、火曜・金曜、水曜・土曜収集の、3つの地域に分けられる。一例として、Fig. 1に、昭和58年度北区の火曜・金曜収集地域における日収集量を示す。横軸は4月1日を第1日とする年間の通算日である。第 j 曜日($j=1\sim6$ で月～土曜を表すことにする)の収集量を w_j と書けば、 w_j は各々の週の数だけの点から成り、Fig. 1のような、曜日別のプロットが描ける。 $w_1\sim w_6$ の全データを用いて年間変動を総合的に見るために、まず w_j の平均値 $\bar{w}_j^*$ を用いて曜日ごとに収集量を基準化する。

$$\xi_j = \frac{w_j}{\bar{w}_j^*} \quad (1)$$

次に、 $\xi_1\sim\xi_6$ のすべての点を年間通算日の順に並べ、これから移動平均 g (平均をとる区間は5～6日とした)を算出する。ただし、Fig. 1に見られるように、収集量は祝祭日(図中に日付を記入)に減少し、翌収集日に増加するという、規則的なパターンがあり、また w_6 に見られるように、年末年始の増大は著しく、これらは“平常時”とは切り離して考えた方がよい。そこで、祝祭日およびその翌収集日、年末年始を“変動日”と呼び、 $\bar{w}_j^*$ 、 g を算出する際には除外した。なお、お盆の3日間(8/15～17)も祝祭日として扱い、年末年始で変動日としたのは12/24～1/10である。以上についての詳細は、前報¹⁾で述べており、本報の記号もそこの用例に従っている。

Fig. 2に、58年度北区の収集量から計算した基準化収集量 ξ および移動平均 g を示す。×印が“変動日”の収集量である。図から、移動平均が年間の変動パターンを代表するものとして適当であること、変動日において収集量の増減が大きいことが良くわかる。変動日以外で、収集量が目立って減少している日のうち、図中に日付を記入したものについては、後に4.2節で検討する。

2. 2 収集量の増減割合 D の定義

収集量の増減を相対的に表すために、移動平均を基準とした増減割合

$$D = \frac{\xi - g}{g} \quad (2)$$

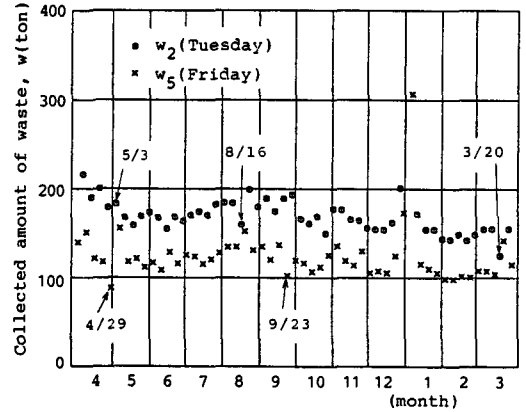


Fig. 1 Daily amount of collected waste in Kita-ku in fiscal year S.58

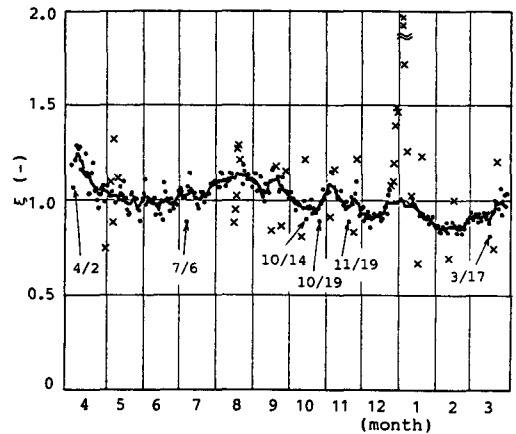


Fig. 2 Normalized amount of collected waste in Kita-ku in FY S.58 with moving average (in bold line)

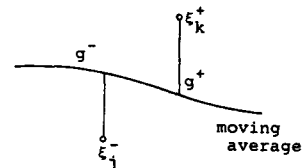


Fig. 3 Schematic figure of sudden drop in amount of waste on national holidays and increase on the next collection days

を定義する。いま、3章での議論の準備として、祝祭日に関する収集量増減を念頭におくと、その増減パターンは模式的にFig. 3のように描ける。図中、上付き記号 $-$ 、 $+$ は、それぞれ祝祭日とその翌収集日を示す。 j, k は各々の曜日を表し、 $j=1\sim3$ のとき $k=j+3$ 、 $j=4\sim6$ のとき $k=j-3$ である。Fig. 3の記号を用いると、(2)式から

$$D^- = \frac{\xi_j^- - g^-}{g^-} = \frac{(\xi_j^- - g^-)w_j^*}{g^-w_j^*} \tag{3}$$

$$D^+ = \frac{\xi_k^+ - g^+}{g^+} = \frac{(\xi_k^+ - g^+)w_k^*}{g^+w_k^*} \tag{4}$$

により、祝祭日における減少割合および翌収集日における増加割合を表すことができる。(3)、(4)式の最右辺は、基準化前の実収集量で表現したものである。

D^- と D^+ は、(3)、(4)式の最右辺が示すように、分母が異なっており、両者をそのまま比較するのは適当でない。そこで、翌収集日の増加量を D^- と同じ尺度で見るために、(4)式最右辺の分子(=増加した実ごみ量)を(3)式最右辺の分母で割った

$$\tilde{D}^+ = \frac{(\xi_k^+ - g^+)w_k^*}{g^-w_j^*} \tag{5}$$

を定義する。増加量が減少量に等しければ、 $D^- + \tilde{D}^+ = 0$ となる。

ここで定義した変動割合を用いて、まず、3章で祝祭日(年末年始については、前報で検討済みなので除く)の、次いで4章で、それ以外の日(平日)の収集量増減について検討する。

3. 祝祭日に伴う収集量の増減

3. 1 同年度行政区間の比較

祝祭日に収集量が減るのは、何らかの理由によりごみをステーションへ排出しない人がいるためで、その分が翌収集日に排出されるために、今度は増加すると考えられる。この仮定を確認し、さらに増減割合の程度を知るため、以下の考察を行う。

Fig. 4は、58年度の各区ごとに計算を行い、横軸に D^- 、縦軸に $\tilde{D}^+$ をとって、両者の関係を見たものである。同じ祝祭日は線で囲っている。ただし、ゴールデンウィーク、お盆は連休であるため除き、後の3.3節で別に考察する。

Fig. 2に見られるように58年度は11月初めに収集量のかなり鋭いピークがある(11/4、11/5の両日は点がほとんど重なっている)が、短周期成分、ランダム成分を除いて、変動パターンの主な成分を示すことが本来の目的である移動平均は、こうしたピークを十分に表現できない。また、変化の鋭いところでは、少しのデータの違いが移動平均の値に影響する。Fig. 4の11/3のばらつきは、こうした理由により生じたものと思われる。9/15についても同様のことが言え、急激なピークのあるところでは、 D の数値に注意を要する。しかし、これらを除くと祝祭日ごとのプロットは区によらず集中している。行政区により収集量変動に差がないことは前報で確認しており、この行政区間のおよそ±0.05以内のばらつきは、確率論という偶然誤差に起因すると考えられる。ところが祝祭日によるプロットの位置には、

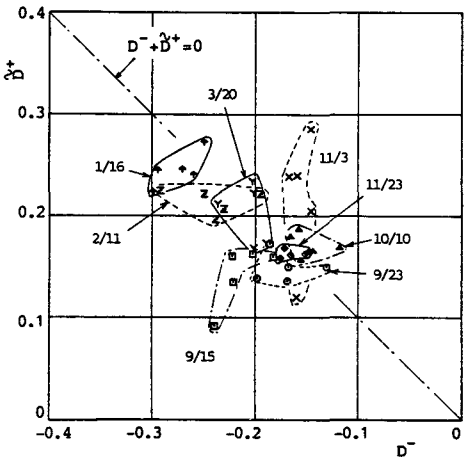


Fig.4 Relationship between D^- (fluctuation ratio on national holidays) and D^+ (those on its next collection days) in five wards in FY S.58

これらに比べてはるかに大きな違いがあり、減少割合 D^- が祝祭日ごとに固有な特性である可能性がある。またFig. 4で D^- と $\tilde{D}^+$ の関係について見ると、プロットはほぼ $D^- + \tilde{D}^+ = 0$ の関係にあり、祝祭日の翌収集日における収集量増加は、減少分が持ち越されたためであることが確認された。

さて、Fig. 4から、祝祭日には平常より1～3割収集量が減少することがわかるが、これは前述のように、ごみの排出を行わない人がいるためと思われる。その理由として、「祝祭日に収集業務を行っていることを知らない」、「朝起きるのが遅く、ごみをステーションに排出しない（または、できない）」の2つが考えられる。一戸建て住宅を中心に行った筆者らのアンケート²⁾（サンプル数334）では、前者の回答肢を選じた人の割合が15%であったが、Fig. 4からも、こうした人が1割程度は、いることが伺われる。また、朝の外気温が氷点下5～10℃となる1、2月の D^- が比較的大きいことは、後者の理由を支持するものと言える。

3. 2 年度間の比較

変動割合が祝祭日に固有かどうか

うかを見るため、北区56～61年度の各々について D^- 、 $\tilde{D}^+$ を計算し、結果を祝祭日ごとにまとめてFig. 5に示す。プロットの相対的な位置をわかりやすくするため、Fig. 4のおおよその点の広がりに対応する

(-0.2, 0.2)を中心とした半径0.1の円を、また誤差の程度を考慮して $D^- + \tilde{D}^+ = 0$ を D^- （または $\tilde{D}^+$ ）方向に±0.05平行移動した直線を描いた。

図より、大部分のプロットは2本の直線の間あるいはその付近にあり、 $D^- + \tilde{D}^+ = 0$ の関係は年度によらず成り立っている。9/15、9/23、11/23などでこの範囲からはずれているのは、前述の、移動平均による誤差のためと思われる。また、点の広がり注目すると、10/10、11/23の図で典型的に示されるように、年度による差はFig. 4

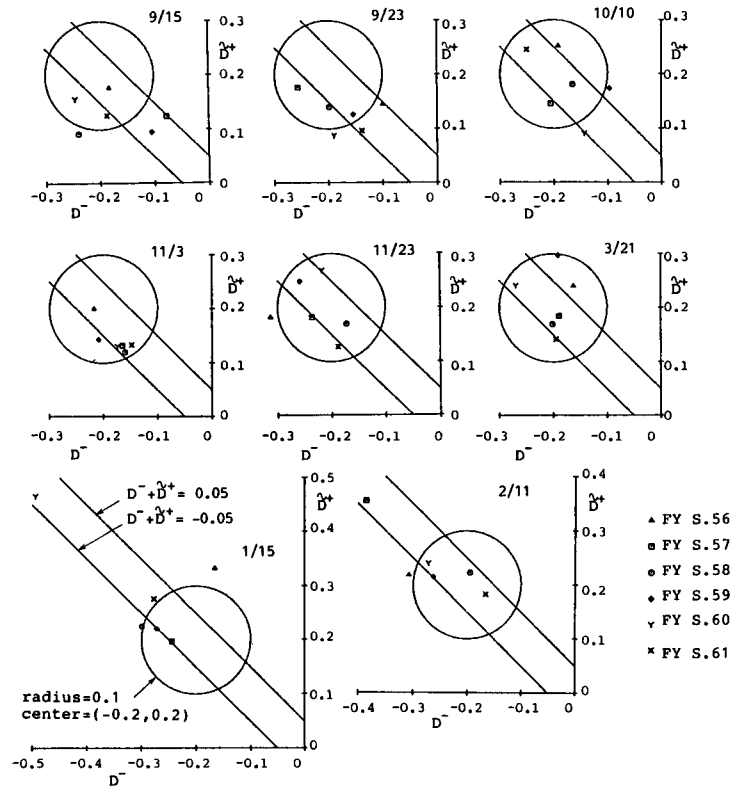


Fig.5 Yearly variation of D^- versus $\tilde{D}^+$ plots

の散らばり具合と同程度に大きく、偶然誤差の範囲を超えていると思われる、 D^- が祝祭日に固有であるとの想像は否定された。 D^- に影響する要因として、天候³⁾との関連を調べたところ、60年度の1/15が朝から吹雪で、そのため $|D^-|$ が大となったと思われること以外に、明確な対応関係は見られなかった。また、曜日との関係も認められず、さらに当日の新聞を調べたが、減少割合の年度によるばらつきを説明することはできなかった。ここで挙げたもの以外に、筆者らがまだ気付かない、多くの住民の行動を左右する要因があるのかもしれない。

3.3 5月の連休、お盆の収集量増減

連休における収集量の増減を見るため、Fig. 6に、4/22~5/16、8/8~8/28の増減割合 D を、年度ごとに示す。3.1、3.2節では減少量と増加量を比較するため、増減割合として D^- および $\tilde{D}^+$ を用いたが、以下では D で示す。図中、祝祭日は○で囲み、横軸の区切りマークは日曜日を表す。

まず5月の連休を見ると、(a)の4/29、(f)の5/3を除いて、減少→増加の関係がここでも見られる。(a)の5/7、5/8の増加量が5/4、5/5の減少量に比べて非常に大きいように見えるが、これは増加量を D^+ で示したためで、3.1、3.2節と同様 $\tilde{D}^+$ で表せば、それぞれ0.298、0.398となる。4/29（またはその振替休日）の翌収集日がまた祝祭日の5/3であった(b)、(c)、(d)では、5/3の $|D|$ が小さいが、これは当日の減少分と4/29の翌収集日としての増加分とが相殺した結果と解釈できる。

一方、お盆の増減割合は、5月の連休に比べて小さい。減少が見られる日も年によりまちまちで、年度によらない共通なパターンは読み取れない。(a)の8/8の収集量が多いのは、8/4に170mm/日、8/5に120mm/日という記録的な豪雨の影響であり、図には示していないが、8/7の収集量も増加している($D=0.189$)。この年のお盆の収集量増減が小さいのは、この豪雨の後遺症のためと思われる。

4. 祝祭日以外の日における小変動

Fig. 2に見られるように、祝祭日以外の平日にも収集量には細かな変動がある。ここでは、そうした変動にも、祝祭日について見られたような収集量増減の規則性があるのかどうか、変動を引き起こす原因は何か、について、考察を進める。

4.1 収集量増減パターンの図表示

Fig. 4、Fig. 5では、祝祭日とその翌収集

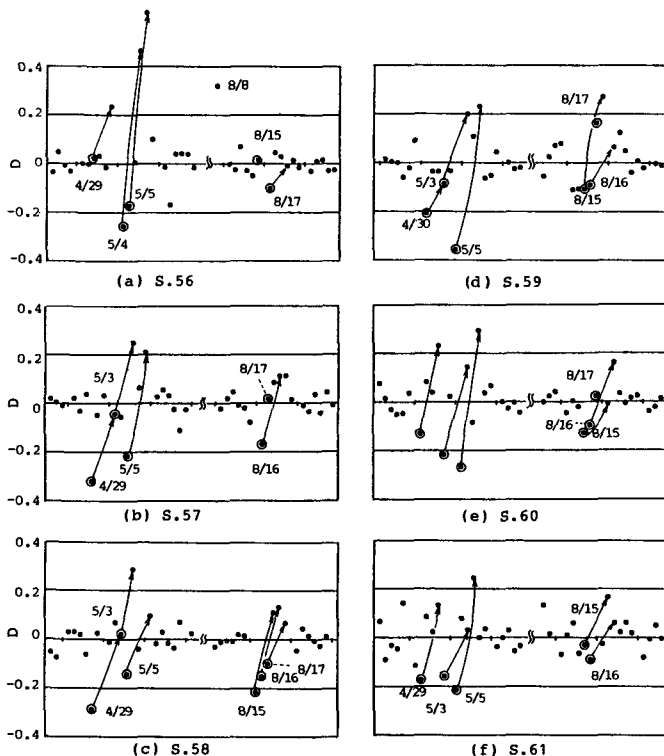


Fig.6 Fluctuation in collected amount of waste in so-called Golden week and Obon

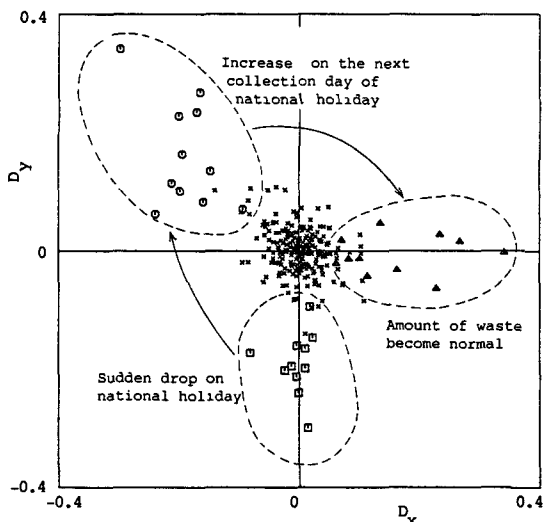


Fig.7 D_x versus D_y (each plot shows relationship between fluctuation ratios on two consecutive collection days)

日の関係に限って検討したが、さらにそれらの前後の収集日における増減も見ること、日変動のパターンをより明らかにできると思われる。そこで、祝祭日をも含めた58年度北区の全収集日のデータを用い、ある日の増減割合 D を D_x 、その翌収集日の D を D_y と書いて、それぞれを横軸、縦軸にとると、Fig. 7が得られた。大きな記号で示したのは祝祭日に関連する点であるが、□、○は、それぞれ D_y 、 D_x が祝祭日、△は D_x が祝祭日の翌収集日であることを示している。ただし、5月、お盆、年末年始はプロットしていない。先のFig. 4はこの図の○のみを示したものであるが、ここでは両軸とも D にとっているので、○の位置がFig. 4とは異なる。×は D_x 、 D_y のいずれもが平日であることを示す。

この図から、 D が祝祭日に急に減少（□； $D_x \approx 0$ 、 $D_y < 0$ ）し、翌収集日に増加（○； $D_x < 0$ 、 $D_y > 0$ ）し、さらにその翌収集日は平常に戻る（△； $D_x > 0$ 、 $D_y \approx 0$ ）という、収分量増減の推移が良くわかる。こうした増減の関係が、×で示した祝祭日以外の日でも見られるかどうかを、次に調べる。

まず、前述の□、○、△印に相当する収分量の増減関係を区別するため、各々を便宜的に、 D_x - D_y 平面上の、I（ $D_y < D_x$ かつ $D_y < -D_x$ ）、II（ $D_x < 0$ かつ $D_y > 0$ ）、III（ $D_y < D_x$ かつ $D_y > -D_x$ ）の領域で表す。祝祭日と同様な変動パターンを示す日を抽出するため、これらの領域は、Fig. 7の□、○、△を確実に含むよう、やや広く設定した。Fig. 8 (a)は、Fig. 7の×印のデータについて、連続する4回の収分量から得られる点の座標（ D_x 、 D_y ）がI→II→IIIとなるときのみを示したものである。□のうち、ぬりつぶしたものの意味については後述する。図中の正方形 R_{75} 、 R_{90} は、1年間の変動日以外の日に対する $|D|$ の累積度数から算出した75%値（0.037）、90%値（0.057）の範囲を示している。また、I→II→IIIの条件に叶わない点をFig. 8 (b)に示す。

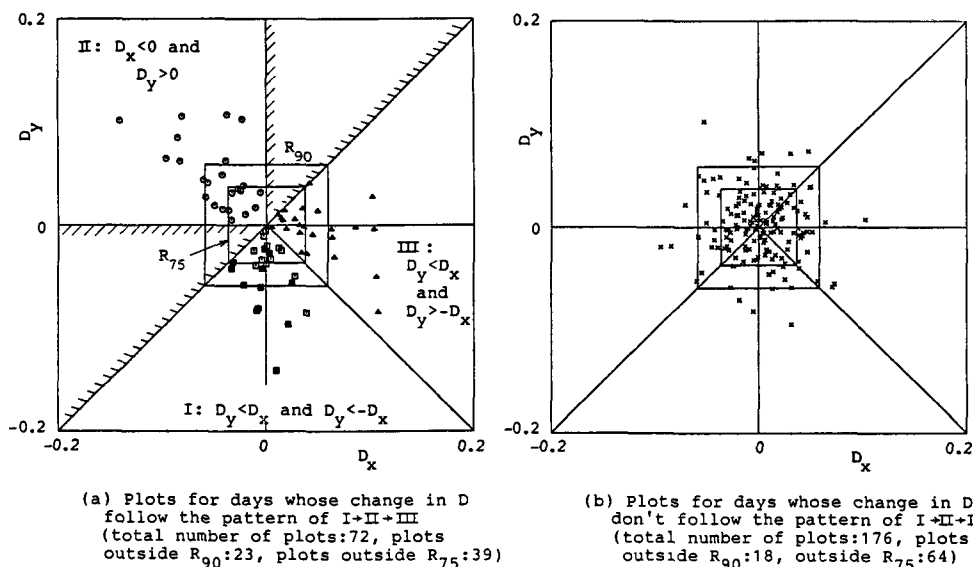


Fig.8 D_x versus D_y (National holiday and its next collection days are excluded)

四角形 R_{75} の外にある点の数を見ると、Fig. 8 (a)では54%（ $=39/72$ ）あるのに対し、(b)では36%（ $=64/176$ ）にすぎず、点の散らばりに明確な差がある。特に、 $|D_x|$ 、 $|D_y|$ のいずれかが90%値を超える点（ R_{90} の外）は、Fig. 8 (a)、(b)合わせて41点あるが、うち23点が(a)にあり、増減割合の大きい場合には、祝祭日と同様な増減パターンに従うことがわかった。(b)の点は、大部分が偶然誤差あるいは計算誤差によるものと思われ、変動割合も処理業務に影響がないほど小さい。

なお、増加後に減少するという変動パターンの有無を知るため、領域I、II、IIIをそれぞれ（ $D_y > D_x$ ）

かつ $D_y > -D_x$), ($D_x > 0$ かつ $D_y < 0$), ($D_y < -D_x$ かつ $D_y > D_x$) として Fig. 8 (a) と同様な図を描いたところ、Fig. 8 (a) と重複した点を除いて 47 点あった。しかし、 R_{90} の外にあるのは、そのうちのわずか 7 点で、増加→減少というパターンはないと考えられる。

4. 2 収集量の小有変動を引き起こす要因

この節では、細かい変動が生じる原因について考察する。

いま、ある日に、全地域にわたってごみの増加を生じさせる行動があったと仮定しよう。その影響は、月曜・木曜・火曜・金曜・水曜・土曜収集地域すべてにおいて、直後の収集量増加として現れるはずであり、基準化収集量で見れば、数日間にわたる増加となる。Fig. 2 の 11 月初めのピークがそれに相当すると思われる。同様に、多くの人が札幌を離れることなどによる、ごみ発生が少ない日があったならば、負のピークが生じるであろう。従って、単発的な、その日限りの収集量の増減は、発生量自体の増減のためではない。また、前節の考察から、収集量の日単位の増加は、祝祭日に関連しなくても、大部分が減少に付随して起きていることがわかった。以上のことから、小有変動について検討するには減少のみに注目すればよく、収集量の減少は、住民がごみを排出しないことによるとと思われる。

3. 2、3. 3 節で、吹雪、大雨の日に収集量が減少したという例は、すでに述べた。また、Fig. 2 で日付を記したのは、祝祭日以外で目立って収集量が減少しているように見え、かつ午前中雨が降った日である。さらに、Fig. 8 (a) の ■ は、 D_y にあたる日に降雨があったことを示しており、 R_{90} を超える 6 日のうち 4 日が降雨に関係している。これらの事実により、祝祭日による増減量よりは小さいものの、降雨（雪）が収集量の減少を引き起こしていることが推測される。そこで、この仮定を確認するために、降雨（雪）と増減割合 D の関係を調べることにする。

収集業務は、午前 8 時 30

分から始まり、ごみ排出の大部分はこの前後に行われる。

そこで、58 年度北区のデータを用い、横軸に午前 3 ～ 12 時の降水量、縦軸に D をとって両者の関係をプロットすると、Fig. 9 が得られた。記号は月別に変えており、降雨（雪）のない日は、降水量の負側に月別ごとにまとめてプロットした。ただし、その日の D が正で、前収集日に $D < -0.037$ のときは、前節の考察から、前収集日の減少によって生じた増加と考え、降雨（雪）の有無によらずプロットしていない。

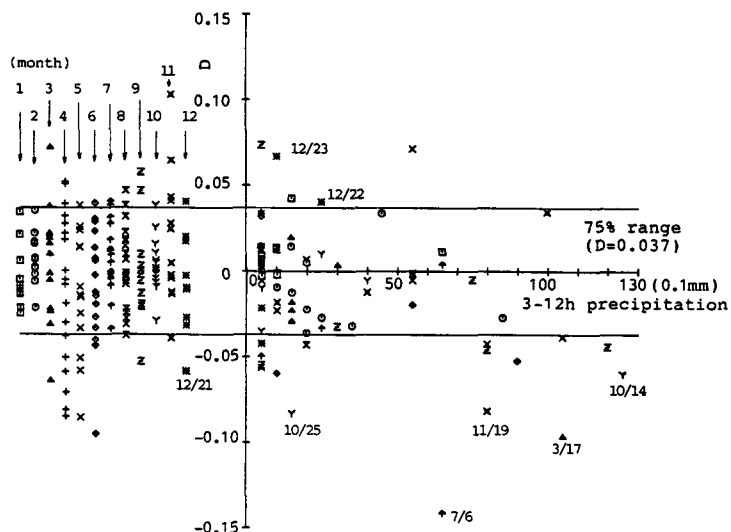


Fig.9 Relationship between an amount of precipitation and D

降雨（雪）のあったときを見ると、 $D < 0$ に点が偏っており、ごみの排出行動が降雨（雪）に影響されていることが伺える。プロットを降水量 > 0 と降水量ゼロの 2 群に分けて、平均値の差の検定を行ったところ、有意水準 1 % で差が認められ、収集量の減少に降雨（雪）が関係しているとの仮定は、正しいことが確かめられた。減少する理由としては、祝祭日の収集量減少の説明として先に挙げた 2 つの理由は、平日であるから当てはまらず、雨が一部の人のごみ排出行動を鈍らせるためではないかと思われる。

以上述べた以外の変動については、考察できなかったが、 $|D|$ が大きいものの中には、3.1節の11/3のばらつきに関して述べたように、 D 算出の基準量としての移動平均が、鋭いピークを表現できていないことによるものも含まれている。12/21、22、23の $|D|$ が大きいのは、移動平均算出時に12/24～1/10を除いたことによると思われる（Fig. 2参照）。これらを考慮すれば、Fig. 9で $|D|$ の大きいいくつかの点は、変動理由を考える上で除外することができる。また、4～6月で点のばらつきが多いのは、他の年度でも同様で、それらの月に特有なごみの発生、排出行動のばらつきがあるものと思われる。

5. おわりに

本報では、前報¹⁾の方法に従って、まず収集曜日ごとに収集量を基準化し、年間の全データから移動平均を求めて、年間変動を代表させた。そして、移動平均を基準とした日収集量の増減割合 D に基づく考察を行った。結果を総括的にまとめると、以下ようになる。

- 1) 季節変動に重なって生じる突発的な収集量の変動は、基本的には、ある日に住民がごみを排出しないことによる収集量の減少を引き金として、発生する。そして、収集量はある日に減少し、翌収集日にその分が持ち越されるため増加し、その翌収集日には元に戻るという、増減のパターンがある。
- 2) 収集量の増減は祝祭日に関連して著しく、祝祭日の収集量は、平日の収集量に比べて1～3割減少する。これは、「祝祭日に収集を行っていることを知らない」あるいは「朝起きるのが遅い」ために、ごみをステーションへ排出しないことが、主な原因と思われる。減少量と増加量は、ほぼ等しい。
- 3) 祝祭日の減少割合は、同じ祝祭日でも、年度により異なる。
- 4) 収集量増減のパターンは、連休でも変わらない。お盆は減少する日が一定せず、増減割合も小さい。
- 5) 祝祭日以外の平日においても、増減割合は祝祭日に比べれば小さいが、収集量の増減パターンは祝祭日に関連するそれと同一である。
- 6) 平日においては、降雨（雪）が収集量を減少させる原因となっている。これは、雨が、住民のごみ排出行動を鈍らせるためと思われる。

以上、収集量の日変動パターン、および住民の排出行動についての検討を行った。用いたデータは札幌市のものであるが、解析手法は他都市にも容易に適用できる。また、週2回のステーション収集が、最も多くの自治体で採用されている収集方式であるため、今回得た結果についても、かなりの一般性があると考えられる。今回の解釈をさらに進め、より確かなものとするため、多くの方々からのご意見を頂ければ幸いである。

なお、2章の一部は、第40回土木学会年講・第2部（1985.9）、pp.663-664、第37回廃対協全国大会（1986.11）、pp.89-93で発表した。

参考文献

- 1) 松藤敏彦、神山桂一、田中信寿；都市ごみ収集量の季節変動パターンに関する研究、土木学会論文集、投稿中
- 2) 松藤敏彦、神山桂一、田中信寿；アンケート調査に基づくごみに関する意識分析、第8回全都清研究発表会、pp.9-12、1987.2
- 3) 札幌管区気象台；気象日表