

講 座

鑄物生産에 있어서의 컴퓨터技術의 應用

(4)

金 剛 漢\*

4. 통계처리의 전산화

주물 공장에서는 경리, 재고관리, 원가관리, 생산관리업무 등에서 많은 데이터가 발생되고 이와같은 데이터의 처리, 분석은 데이터의 수가 적거나 또는 간단한 초보적인 통계적 분석방법을 적용할 때는 전자계산기를 이용하여 가능했으나 데이터의 양이 많아지고 또한 적용되는 통계학적인 분석방법이 복잡해짐에 따라 컴퓨터에 의한 처리, 분석이 필요하게 되었다. 따라서 컴퓨터에 구입하는 통계 처리 및 분석을 위한 통계 package의 구비여부를 반드시 확인할 필요가 있다. 흔히 사용되는 기본적인 통계처리 방법은 그 종류가 제한되어 있고, 또한, 처리형식이 같아, 필요에 따라 유효적절히 컴퓨터 프로그래밍을 하여 사용할 수도 있다. 보통 자료분석에서 가장 기본적으로 수행 해야하는 단계는 도수분포표 작성, 도수분포도, 평균, 중앙치, 최빈치, 범위, 분산 및 표준편차를 구하는 것으로 각 단계에서의 처리내용과 컴퓨터 프로그램은 다음과 같다.

4-1. 데이터의 기초적 통계처리 방법

4-1-1. 도수분포표 (Frequency Distribution Table)

도수분포표는 어떤 일정한 기준에 의해 전체데이터가 포함되는 구간을 여러개의 급구간으로 분할하고, 데이터를 분할된 급구간에 따라 분류하여 만들어 놓은 것으로, 이에의해 표본데이터의 분포를 짐작할 수 있다. 표본데이터는 데이터의 크기가 방대한 모집단 (population)을 관측할 수 없기때문에 이 모집단으로부터 모집단을 대표할 수 있는 데이터를 sampling하여 얻은 데이터를 말한다. 이 표본데이터로부터 얻은 표본평균, 표본분산, 표본표준편차등에 대해 모평균, 모분산, 모표준편차등을 표1에서와 같은 기호로서 구별하여 사용되고 있다.

\* 충북대 공대금속과 조교수

표1. 모집단과 표본데이터사용에 따른 사용기호의 차이

|      | 모집단의 경우    | 표본데이터의 경우   |
|------|------------|-------------|
| 평균   | $\mu$      | $\bar{X}$   |
| 분산   | $\sigma^2$ | V           |
| 표준편차 | $\sigma$   | S           |
| 비율   | P          | $\hat{P}$   |
| 범위   | -          | R           |
| 중앙치  | -          | $\tilde{X}$ |

표2는 국내주물사의 입도분포에 관한 통계표로서

표2. 국내 주물사의 입도 분포

\* 1979년 주물기술센터 통계자료

| 산지별시료<br>일련 번호 | Finess No | 산지별시료<br>일련 번호 | Finess No |
|----------------|-----------|----------------|-----------|
| 1              | 91.9      | 18             | 112.2     |
| 2              | 199.0     | 19             | 99.3      |
| 3              | 278       | 20             | 78.6      |
| 4              | 296.1     | 21             | 95.9      |
| 5              | 135.3     | 22             | 74.1      |
| 6              | 125.7     | 23             | 90.5      |
| 7              | 148       | 24             | 83.8      |
| 8              | 141.7     | 25             | 186.5     |
| 9              | 128       | 26             | 122.4     |
| 10             | 155.3     | 27             | 43        |
| 11             | 149.5     | 28             | 60.2      |
| 12             | 100.2     | 29             | 60.5      |
| 13             | 98.3      | 30             | 64.5      |
| 14             | 120       | 31             | 41.4      |
| 15             | 100.9     | 32             | 45.1      |
| 16             | 210.8     | 33             | 47.0      |
| 17             | 103.0     | 34             | 34.0      |

| 산지별시료<br>일련 번호 | Finess № | 산지별시료<br>일련 번호 | Finess № |
|----------------|----------|----------------|----------|
| 35             | 33.9     | 52             | 44.1     |
| 36             | 27.0     | 53             | 21.1     |
| 37             | 34.6     | 54             | 44.1     |
| 38             | 51.9     | 55             | 60.4     |
| 39             | 8.87     | 56             | 35.2     |
| 40             | 28.6     | 57             | 39.4     |
| 41             | 56.8     | 58             | 27.5     |
| 42             | 8.8      | 59             | 32.6     |
| 43             | 29.0     | 60             | 26.9     |
| 44             | 20.5     | 61             | 36.7     |
| 45             | 45.1     | 62             | 40.4     |
| 46             | 29.0     | 63             | 28.2     |
| 47             | 73.6     | 64             | 21.7     |
| 48             | 34.0     | 65             | 117.4    |
| 49             | 37.9     | 66             | 118.5    |
| 50             | 27.8     | 67             | 107.7    |
| 51             | 40.6     |                |          |

이와같은 표 그대로는 유익한 정보를 신속히 얻어낼 수가 없다. 그러나 표2의 데이터가 표3과 같은 도수분포표로 작성된다면, 국내주물사의 입도 분포에 관한 정보를 쉽게 얻을 수 있게 된다. 표3에서 i번째급의 도수,  $f_i$ , 는 i번째급 구간에 속하는 데이터의 빈도 (frequency) 를 의미하며, 상대도수는 이  $f_i$  를 총데이터의 수  $n$  으로 나눈  $\frac{f_i}{n}$  가 된다. 한편 k번째 급구간까지의 누적도수는  $\sum f_i$  로 구할 수있고, 누적상대도수는 이를 총데이터의 수  $n$  으로 나눈 것이다. 각 도수, 누적도수, 상대도수, 누적상대도수계산에 있어 각 급구간의 하한경계값은 포함되거나 상한경계 값은 포함되지 않는다.

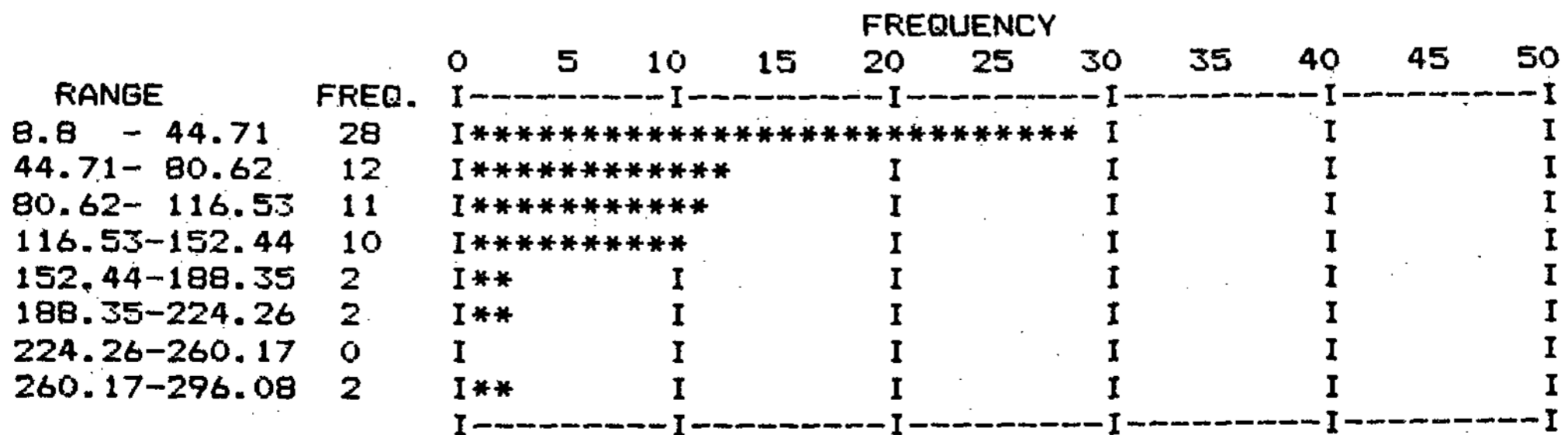
표3. 국내 주물사 입도분포에 대한 도수, 상대도수, 누적도수 및 누적상대도수표

| 급 번호 | 급구간(Finess No.) | 도수 ( $f_i$ ) |
|------|-----------------|--------------|
| 1    | -44.71          | 28           |
| 2    | 44.71-80.62     | 12           |
| 3    | 80.62-116.53    | 11           |
| 4    | 116.53-152.44   | 10           |
| 5    | 152.44-188.35   | 2            |
| 6    | 188.35-224.26   | 2            |
| 7    | 224.26-260.17   | 0            |
| 8    | 260.17-         | 2            |
| 계    |                 | 67           |

| 상대도수( $\frac{f_i}{n}$ ) | 누적도수 ( $\sum f_i$ ) | 누적상대도수 ( $\sum f_i/n$ ) |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| 0.418                   | 28                  | 0.418                   |
| 0.179                   | 40                  | 0.579                   |
| 0.164                   | 51                  | 0.761                   |
| 0.149                   | 61                  | 0.910                   |
| 0.030                   | 63                  | 0.940                   |
| 0.030                   | 65                  | 0.970                   |
| 0.000                   | 65                  | 0.970                   |
| 0.030                   | 67                  | 1.000                   |
| 1.000                   | 67                  | 1.000                   |

4-1-2. 도수분포도 (Frequency Distribution Graph; Histogram)

도수분포도는 計量値의 데이터가 어떠한 분포를 이루고 있는 가를 알아보기 위한 그림으로 먼저 도수분포표를 작성한 후 막대그래프를 사용하여 도수, 상대도수, 누적도수 또는 누적상대도수에 해당되는 값을 막대그래프로 표시하여 나타낸다. 이와같은 도수



MEDIAN=61.16875  
 AVERAGE=79.2652239  
 STANDARD DEVIATION=61.1602552

그림 1. 국내주물사 입도분포에 대한 도수분포도

|               |       | FREQUENCY |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
|---------------|-------|-----------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
| RANGE         | FREQ. | 0         | 5     | 10 | 15    | 20 | 25    | 30 | 35    | 40 | 45    | 50 |
| 8.8 - 44.71   | 28    | I         | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  |
| 44.71- 80.62  | 40    | I         | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  |
| 80.62- 116.53 | 51    | I         | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  |
| 116.53-152.44 | 61    | I         | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  |
| 152.44-188.35 | 63    | I         | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  |
| 188.35-224.26 | 65    | I         | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  |
| 224.26-260.17 | 65    | I         | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  |
| 260.17-296.08 | 67    | I         | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  | ----- | I  |

그림 2. 국내주물사 입도분포에 대한 누적도수분포도

```

5 REM "AN ELEMENTARY STATISTICS
PROGRAM MADE BY M.H. KIM"
10 INPUT N,IC
20 DIM X(N)
30 FOR I = 1 TO N
40 INPUT X(I)
50 NEXT I
125 GOSUB 200
130 GOSUB 900
140 GOSUB 1000
150 END
200 REM SUBROUTINE "HISTOGRAM A
ND ACCUMULATIVE HISTOGRAM"
210 DIM FRQ(IC),P$(51)
215 PRINT "TYPE 1 FOR HISTOGRAM
OR TYPE ANY NO. EXCEPT 1 FOR
ACCUMULATIVE HISTOGRAM."
217 INPUT ISE
219 MINX = X(1):MAXX = X(1)
220 FOR I = 1 TO N
221 IF X(I) < MINX THEN MINX = X
(I): GOTO 223
222 IF X(I) > MAXX THEN MAXX = X
(I)
223 NEXT I
224 D = (MAXX - MINX) / IC
225 D = INT (D * 100 + 0.5) / 10
0
227 HMIN = MINX
229 FOR K = 1 TO IC
230 FRQ(K) = 0
240 NEXT K
250 FOR I = 1 TO N
260 K = INT ((X(I) - MINX) / D) +
1
270 IF K < 1 THEN K = 1: GOTO 29
0
280 IF K > IC THEN K = IC
290 FRQ(K) = FRQ(K) + 1
300 NEXT I
310 PRINT TAB( 40);"FREQUENCY"
320 PRINT TAB( 21);"0";
330 FOR T = 5 TO 50 STEP 5
340 M = 5 - LEN ( STR$ (T))
350 CH$ = " "
360 CH$ = LEFT$ (CH$,M) + STR$
(T)
370 PRINT CH$;
380 NEXT T: PRINT
390 PRINT TAB( 3);"RANGE"; TAB(
15);"FREQ."; TAB( 21);"I";
400 FOR I = 1 TO 5
410 PRINT "-----I";
420 NEXT I: PRINT
430 NFRQ = 0
440 FOR K = 1 TO IC
450 IF ISE = 1 THEN NFRQ = 0
460 NFRQ = NFRQ + FRQ(K)
470 KMUL = INT ((NFRQ - 1) / 50)
+ 1

```

```

480 FOR I = 1 TO 51
490 P$(I) = " "
500 NEXT I
510 FOR J = 1 TO 51 STEP 10
520 P$(J) = "I"
530 NEXT J
540 IF KMUL = 0 THEN GOTO 600
550 NSTAR = INT ((NFRQ + KMUL -
1) / KMUL) + 1
560 IF NSTAR = 1 GOTO 600
570 FOR J = 2 TO NSTAR
580 P$(J) = "*"
590 NEXT J
600 PRINT MINX; TAB( 6);"-"; TAB(
8);MINX + D; TAB( 16);NFRQ; TAB(
21);
610 FOR T = 1 TO 51
620 PRINT P$(T);
630 NEXT T
640 PRINT
650 MINX = MINX + D
660 NEXT K
670 PRINT TAB( 21);"I";
680 FOR I = 1 TO 5
690 PRINT "-----I";
700 NEXT I: PRINT : PRINT : PRINT
710 RETURN
900 REM SUBROUTINE "MEDIAN"
905 DIM TFR(IC + 1)
910 TFR(1) = 0
912 NF = N / 2
915 FOR K = 1 TO IC
920 TFR(K + 1) = TFR(K) + FRQ(K)
922 PRINT TFR(K)
925 IF TFR(K) < NF AND TFR(K + 1
) > = NF THEN GOTO 935
930 NEXT K
935 MC = K
940 MED = HMIN + (MC - 1) * D + (
NF - TFR(MC)) * D / FRQ(MC)
945 PRINT "MEDIAN=";MED
955 RETURN
1000 REM SUBROUTINE "MEAN AND S
TANDARD DEVIATION"
1005 SUM = 0: SX = 0
1010 FOR I = 1 TO N
1020 SUM = SUM + X(I)
1030 SX = SX + X(I) * X(I)
1040 NEXT I
1050 AV = SUM / N
1060 SS = SX / (N - 1) - AV * AV
1070 SD = SQR (SS)
1080 PRINT "AVERAGE=";AV
1090 PRINT "STANDARD DEVIATION="
;SD
1110 RETURN

```

그림 3. 도수분포도, 누적도수분포도, 중앙치, 평균치 및 표준편차를 얻기 위한 프로그램.

분포도를 작성하면 데이터로만으로는 알기 어려운 대략적인 평균이나 산포의 크기를 알 수 있는 장점이 있다.

그림 1 과 2 는 표 2 에 주어진 데이터의 도수 및 누적도수분포도로서 그림 3 의 컴퓨터 프로그램에 의해 처리된 결과이다.

그림 2 의 누적도수분포도에서 볼수 있는 바와같이 빈도가 눈금수 50 을 넘을때는 1 개의 '米' 가 2 개 이상의 빈도를 나타내도록하고 있다. (빈도가 51 - 100 일때는 1 개의 '米' 는 2 개의 빈도를 빈도가 10 - 150 일때는 1 개의 '米' 는 3 개의 빈도를 나타내도록 한다.)

모집단분포의 평균치를 표본데이터로부터 구하기 위해서는 산술평균 ( $\bar{X}$ ), 최빈치 (Mode), 중앙치 (Median) 가 많이 쓰이고, 데이터의 분산 상태를 나타내는 척도로서는 범위 (Range), 분산 (Variance), 표준편차 (Standard Deviation) 이 사용된다.

4 - 1 - 3. 산술평균;  $\bar{x}$

산술평균은 가장 많이 사용되는 것으로 평균 또는 평균치라한다. 모집단의 평균치 ( $\mu$ ) 와 구별하기 위해  $\bar{x}$  라 표시하며 표본 평균이라고도 한다. n 개의 표본 데이터의 평균은

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

4 - 1 - 4. 최빈치 (Mode)

표본데이터의 도수분포표를 작성하거나 또는 도수분포도를 그렸을 때 도수가 최대인 구간의 중심치이다.

4 - 1 - 5. 중앙치 (Median)

n 개의 데이터를 작은 값으로부터 크기순으로 나열했을 때, 한 가운데 순서에 속하는 데이터의 값으로 데이터의 총수가 홀수인 경우는 한 가운데 순서의 데이터의 값을 그대로 취하면 되나, 데이터의 수가 짝수인 경우는 중앙 2 개의 값의 평균치를 취하고 이를 구하는 식은 다음과 같다.

먼저,  $\sum_{i=1}^{k-1} f_i < \frac{n}{2}$  과  $\sum_{i=1}^k f_i > \frac{n}{2}$  을 동시에 만족

시키는 k 번째 급을 구한후,

$$\tilde{x} = L + \frac{\frac{n}{2} - C \cdot \sum_{i=1}^{k-1} f_i}{f_k} \quad (1)$$

L : k 번째 급구간의 하한 경계값

C : 구간폭

n : 데이터의 총수

f<sub>k</sub> : k 번째 급의 도수

4 - 1 - 6. 범위 (Range); R

데이터중에서 최대치와 최소치와의 차이를 말한다.

$$R = X_{max} - X_{min}$$

4 - 1 - 7. 분산 (Variance); V

제곱합 (SS) 은 개개의 표본데이터  $x_i$  와 표본평균  $\bar{x}$  간의 편차의 제곱합으로

$$SS = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n} = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n(\bar{x})^2$$

분산 (V) 은 이 제곱합을 n-1 로 나눈 것이다.

$$V = \frac{SS}{n-1}$$

여기서 n-1 은 자유도 (degree of freedom) 이라 하며, 모집단의 경우는 자유도는 n 이 된다. 표본 데이터도 그 크기가 크면 모집단의 분산의 경우와 큰 차이가 없다.

4 - 1 - 8. 표준편차 (Standard Deviation); S

분산, V, 의 제곱근을 말하며

$$S = \sqrt{V} = \sqrt{\frac{SS}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

표 2 의 국내주물사 입도의 중앙치, 평균치와 표준편차는 컴퓨터 프로그램에 의해 계산되어 그림 1 의 도수분포도 밑에 나타나 있다. 이 도수분포도에서 최대의 빈도를 가지고 있는 입도구간은 8.1 ~ 44.71 (G.F.N.) 입을 알수 있고, 최빈치는  $\frac{8.1 + 44.71}{2} = 26.75$  로 쉽게 계산된다.

4 - 2. 데이터의 기본적인 통계처리 방법에 대한 컴퓨터 프로그램

그림 3 에 보이는 컴퓨터 프로그램은 주어진 표본데이터로부터 도수분포도, 누적도수분포도, 중앙치, 평균, 표준편차를 얻기위한 것으로서 최빈치와 분산 또는 상대도수분포도 및 누적상대도수분포도는 이 프로그램에 의한 데이터 처리결과 또는 이 프로그램의 간단한 변경에 의해 얻을 수있다. 이 프로그램은 데이터의 입력을 위한 statements (10-125 행) 과 3 개의 subprograms 으로 구성되어 있다. 여기서 10행의 N 은 총데이터의 수를 나타내며, X (N) 은 X (1) ... X (N) 에 이르는 개개의 데이터를 나타내며, IC 는 도수 또는 누적도수분포도에 필요한 급 (class) 수를 나타낸다.

4 - 2 - 1. 도수 또는 누적도수분포도를 위한 프로그램

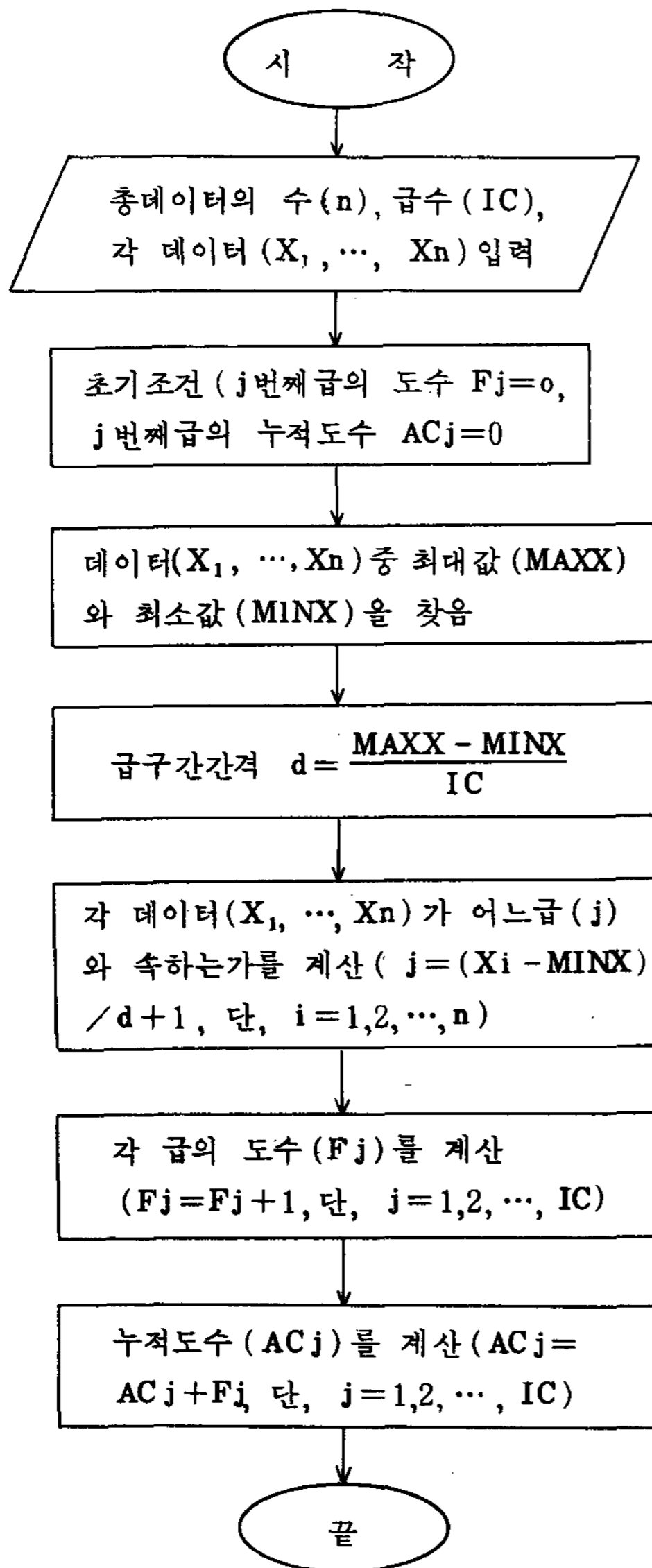


그림 4. 도수와 누적도수를 구하기 위한 흐름도.

그림 4는 도수 또는 누적도수를 위한 흐름도로서 도수 또는 누적도수분포도를 위한 프로그램(200-710 행)은 크게 나누어 각 급구간별 도수 또는 누적도수를 얻기 위한 프로그램부분과 이들을 그래프로 나타내기 위한 프로그램 부분으로 구성되어 있다. 이 프로그램의 구체적인 설명은 다음과 같다.

210 행 : FRQ(IC)는 1~IC 급구간에 속하는 데이터의 수; 즉, 빈도를 나타내고, P(51)은 각 급구간의 빈도를 '米'로 표시하거나 또는 그래프의 눈금(I로 표시)을 그리기 위한 function.

215-217 행 : ISE의 값을 입력함에 따라 도수 또는

누적도수분포도를 선택하여 그리게 된다.

220-223 행 : 입력된 데이터 (X(1), ..., X(N)) 중 최대값 (MAXX)과 최소값 (MINX)을 얻기 위한 statements

224-225 행 : 급구간 간격 (D)가 사전에 선택되지 않은 경우, 이와같이 계산에 의해 얻을 수 있다.

227 행 : 220-223 행에서 얻어진 최소값 MINX를 상수인 HMIN으로 하고 이후의 MINX는 각 급구간의 하한값이 되는 변수로 사용한다.

229-300 행 : X(1), ..., X(N)의 N개의 데이터가 몇번째 급구간에 속하는가를 판단하고, 각 급구간의 빈도 (FRQC(K))를 계산한다.

310-420 행 : 그림 1과 2에 보이는 그래프에서 그래프의 눈금과 눈금위의 수자표기 급구간의 하한 및 상한계값과 빈도를 표기하기 위한 statements.

430-470 행 : 그래프의 최대눈금은 최대값이 50 이하 51개 이상의 빈도를 나타낼 때는 1개의 '米'가 2개의 빈도를 나타내거나 (빈도가 51-100일때) 3개 (빈도가 101-150) 또는 그 이상의 빈도를 나타내도록 한다. 즉, KMUL이 1이면 1개의 '米'는 그대로 1개의 빈도를 나타내고, KMUL이 2, 3이면 1개의 '米'는 2 또는 3개의 빈도를 나타낸다. 450 행에서는 ISE가 1이 아니면 누적도수 (NFRQ)가 460 행에서 구해진다.

480-530 행 : 그래프의 눈금('I'자로)을 표시하기 위한 statements.

540-600 : KMUL이 '0'의 값을 갖는 경우, 즉 어느 급구간의 빈도가 '0'인 경우는 급구간의 하한 및 상한 계계값과 값이 '0'인 빈도수만을 표기한다.

550-630 행 : 각 급구간에 NSTAR-1개의 '米'를 표시하라.

650 행 : 어느 급구간의 막대그래프를 다그린 후 다음 급구간의 하한계치는 MINX+D가 된다.

670-700 행 : 그림 1과 2에 보이는 그래프의 밑부분에 x축방향으로 'I'로 표시되는 눈금을 그리기 위한 statement.

4-2-2. 중앙값을 구하기 위한 프로그램  
프로그램의 900-955행까지가 중앙값을 얻기 위한 subprogram이다.

905-935 행 :  $\sum_{i=1}^{k-1} f_i < \frac{n}{2}, \sum_{i=1}^k f_i > \frac{n}{2}$  을 동시에 만족시키는 급 번호 k를 구하기 위한 statements  
로서, N은 총데이터수, IC는 급수를 나타내고, K번째 급까지의 총빈도는 TFR(K+1)이고 TFR(K)는 (K-1)번째까지의 총빈도를 나타낸다. 위의 식

을 만족시키는 급번호 K는 MC이다.

940 행 : 식 (1)에 의해 중앙값 (MED) 를 계산한다.  
여기서  $HMIN + (MC - 1) * D$  는 K 번째 급구간의 하한경계값 L에 해당된다.

4 - 2 - 3. 평균 및 표준편차를 얻기위한 프로그램.

1000 - 1110 행이 평균 및 표준편차를 얻기위한 subprogram이다.

1005 - 1040 행 : 입력된 데이터  $X(1), \dots, X(N)$  의 합 (SUM) 또는 제곱의 합 (SX) 를 구하기 위한 statements.

1050 행 : 평균 (AV) 을 구하기위한 statement.

1060 행 : 분산 (SS) 을 구한후 표준편차 (SD) 를 구하기위한 statement.

4 - 3. 기타 통계적방법

이상 언급된 데이터의 기초적인 정리방법외에 그림 5에서와 같이 꺾은선 그래프에서 중앙에 중심선과 그상하에 관리한계선을 그어 데이터점의 이상유무를 쉽게 판단하기위한 X-R 관리도 (X-R 관리도 외에 X-Rs 관리도와  $\bar{X}$ -R 관리도가 사용되기도하며,  $\bar{X}$ 는 평균치,  $\bar{X}$ 는 중앙치,  $R = X_{\text{최대값}} - X_{\text{최소값}}$ ,  $R_s$ 는 인접한 두측정치의 차이다)를 작성하거나

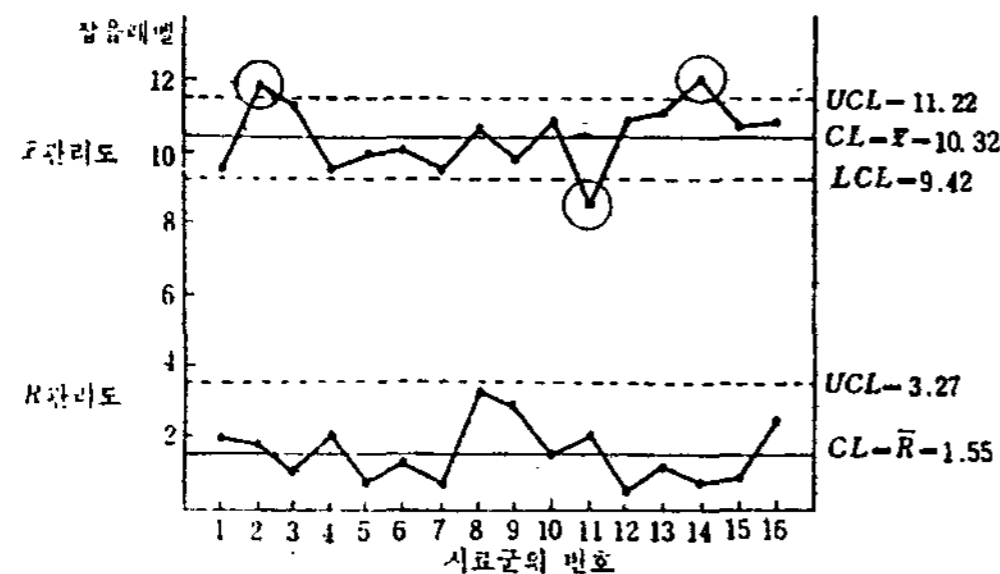


그림 5.  $\bar{X}$ -R 관리도의 예.

관심있는 두 변수  $x, y$  간의 관련성여부를 찾기위해 먼저 산점도 (scatter diagram) (그림 6)을 작성하여 상관관계를 짐작하고 이어 상관계수 (표본상관계수  $r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$ )를 계산하는 상관분석 (correlation analysis), 또는 관련된 변수들 간의 함수적인 관련성을 규명하기위해 어떤 수학적인 모형을 가정하고 이 모형을 측정된 변수들의 자료로부터 추정하는 통계적 분석방법인 회귀분석 (regre-

ssion analysis) 또는 최소자승법 (least square method) 등이 자료분석에 필수적인 통계적 방법들로서 이들 역시 personal 컴퓨터등을 이용하여 프로그

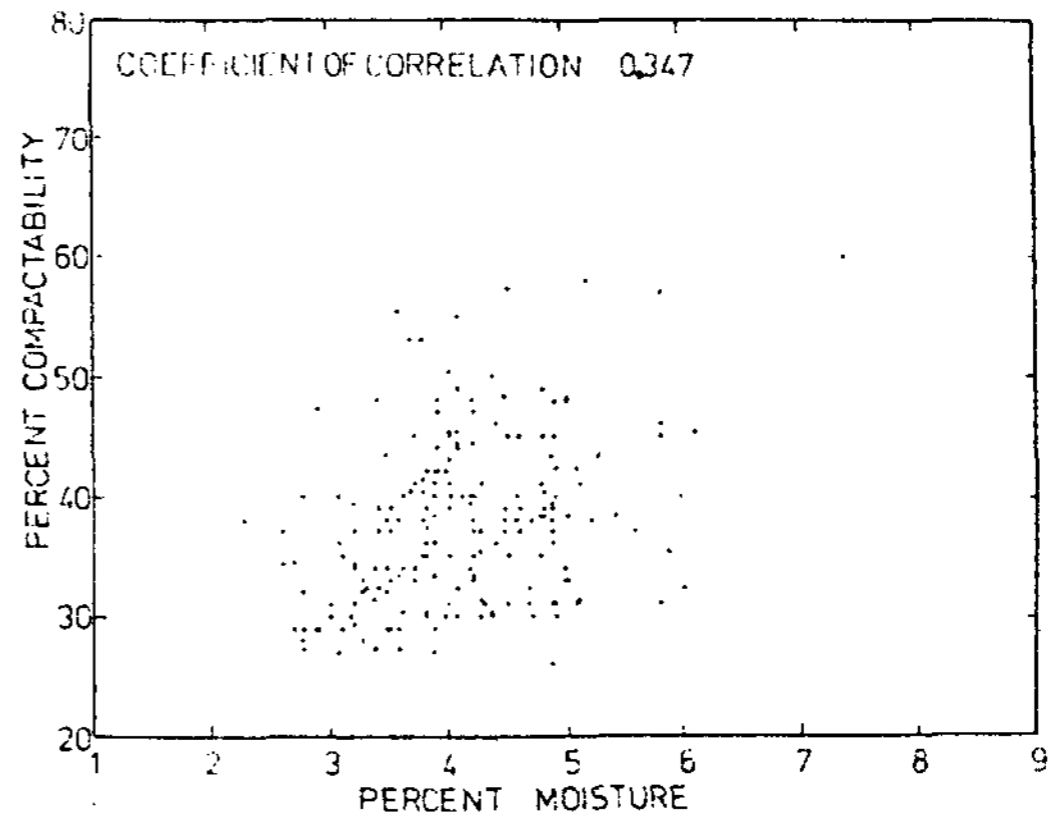


그림 6. 미국에서 사용되는 200개의 생형 주형사의 수분과 Compactability와의 관계  
램화하여 이용하거나 또는 이미 상품화된 software를 구입하여 이용할 수있다.

5. 기타 컴퓨터기술의 주물생산에서의 응용분야.

이상 연 4회에 걸친 컴퓨터기술의 주물생산에서의 응용에 관한 강좌에서는 지면의 제한상 구조방안 및 기초적인 통계처리 방법에 관한 언급만이 있었으나, 이외에 컴퓨터기술은 용해, 사처리, 열처리, 시험검사, 제조공정관리의 자동화, 사무자동화등 주물생산에 관련된 전분야에 걸쳐 이미 부분적으로 적용되고 있고 앞으로 더욱 폭넓은 적용이 이루어질 전망이다.

참고문헌

1. 朴聖炫 : 統計的 品質管理, 大英社, 1984.
2. 이재창, 박성현, 안윤기, 허문열 : Basic에 의한 統計計算入門, 經文社, 1983.
3. Box, Hunter, Hunter : Statistics for Experiments, Willy & Sons Inc., 1978.
4. 박성현, 허문열 : 電算統計, 經文社, 1983
5. 제 3회 주물기술 세미나교재 : 한국과학기술 연구소, 1976.6.
6. F. Hofmann, F. Satmer : AFS Trans., 1979 V. 87, p.177.