

실험계획법의 전산화에 관한 연구(I)

Studies on the Computerization of Design of Experiments (I)

鄭 秀 一*

ABSTRACT

This paper studies the handling of significant digits and rounding off methods in domestic industries. ANOVA tables made by six well-known big companies are selected and analyzed. There exist various mistakes in handling of significant digits and rounding off methods such as:

- * too many significant digits in the Sum of Squares values in comparison to the original data
 - * too many significant digits in the variance ratio in comparison to the F table values
 - * no consistency in the number of significant digits
 - * no consideration for the number of significant digits in computations
 - * ignoring the KS A 0021 in rounding off methods
- etc.

Such mistakes are caused from the characteristics of the personal computers rather than the misunderstandings about the significant digits conception. A subroutine is developed for PC in BASIC language to help the handling of significant digits and rounding off.

I. 서 론

최근 미국의 각 공업분야에서는 품질관리를 하나의 과학적 관리기법으로 생각하기 보다는 기업의 사활을 결정짓는 필수불가결한 요소로 재인식하기 시작했으며 이에 따른 한가지 현상은 각 기업들이 앞다투어 각종 QC 기법의 이용을

도모하고 이에 대한 도입 및 활용에 심혈을 기울이고 있는 것이다(1983). 그 단적인 한 가지 예가 근래 미국의 각 기업에서 알고 있는 Taguchi Method에 대한 관심이라고 하겠다.

그리고 이와 같은 추세에 힘입어 21세기초에는 미국이 공업분야에서 일본에게 빼앗겼던 가

* 仁荷大學校 工科大學 産業工學科

리를 되찾게 될 것이라고 Juran은 ICQC에서 단언하고 있다(1987).

또한 우리들이 유의해야 할 사항은 공정이 점차적으로 컴퓨터에 의하여 자동적으로 조절됨에 따라 데이터의 양상이 과거와 달라졌으며 이는 종전에 사용하던 통계적 방법을 대폭적으로 바꿀 수 밖에 없는 새로운 국면을 초래하게 된 것이다. 컴퓨터로 공정관리를 할 경우 전후공정은 보다 밀접한 관계로 연결되고 이에서 얻어지는 데이터는 상상을 초월한 양이 되어 종전과 같은 손계산 위주의 SQC기법은 그 활용가치를 잃게 되었기 때문이다(1984).

최근 국내에서도 일부에서는 OA, FA, Robot화 등이 실현되고 있다. 따라서 QC활동을 올바르게 정착시키고 그 실효를 거두기 위해서는 국내에서도 새로운 기법의 개발 및 도입과 함께 이의 전산화를 보다 서둘러야 할 시점에 처하게 되었다고 하겠다.

이런 추세에 발맞추어 국내 각 기업에서도 최근 각종 과학적 관리기법의 전산화 및 전산 프로그램의 도입에 많은 노력을 기울이고 있다. 더구나 컴퓨터 전문요원만이 프로그램을 사용할 것이라는 전제 하에 중형 이상의 컴퓨터를 대상으로 했던 초기의 전산화 시도에서 벗어나 전계층, 전부분의 사용을 염두에 둔 PC대상의 프로그램 개발 및 활용은 매우 반가운 현상이라고 하겠다. 그러나 현재 국내 각 기업에서 개발하여 사용하고 있는 각종 SQC프로그램에는 자칫 간과하기 쉬운 심각한 문제점이 내포되어 있다.

II. PC프로그램의 문제점

여러 차례의 경제개발 5개년 계획과 각종 수출촉진정책 등에 온 국민의 노력이 결집되어 이제 우리 경제는 괄목할 만한 성장을 이룩하였다. 그러나 날이 갈수록 초정밀성을 추구해 가는 현대산업사회의 추세에 비추어 볼 때 우리 산업의 앞날에 대해 낙관만을 할 수는 없을 것이다. 우

리 산업계의 약점에 대해서는 여러가지 측면에서 제각기 관점이 다를 수도 있겠으나 논자가 기회 있을 때마다 거론해 온 계측기의 정밀도를 무시한 측정 데이터와 이를 취급하는 과정에서의 유효숫자개념에 대한 무감각성은 그 무엇보다도 시급히 시정되어야 할 사항 중의 하나이다.

계측기의 정밀도에 대한 문제가 그 무엇보다도 심각한 과제이겠으나 이는 본 연구의 범주에서 벗어나는 내용이므로 다른 기회에 다루기로 하고 본고에서는 유효숫자개념에 대해 특히나 PC용 전산 프로그램에서의 문제점에 관하여 고찰해 보고자 한다.

표1~6은 각각 국내 유수의 대기업인 H, D, S, 또 다른 D, L 및 K사의 개선사례집 중에서 분산분석표를 발췌하여 예시한 것이다.⁶⁻¹¹⁾ 표 2 및 표4~6은 SQC전산 프로그램 이용 결과이고 표 1 및 표 3은 필산 결과이다. 이들을 일별하여 보면 다음과 같은 문제점들을 쉽게 지적할 수 있을 것이다.

표 2에서는 소숫점 이하 5 자리로, 그리고 표 6에서는 소숫점 이하 4 자리로 고정시켜 모든 계산을 처리하고 있는데 이는 승제(\times 및 \div) 계산에서는 매우 불합리한 사고방식이다. 그러면 하면 표 5에서는 유효숫자 6 자리로 무조건 처리하고 있는데 이도 역시 가감($+$ 및 $-$) 계산에서는 곤란한 사고방식이다. 그리고 표 2 및 표 5의 내용을 자세히 분석해 보면 PC의 보통 정도 유효숫자 자릿수인 7 자리의 숫자를 컴퓨터에 내장시킨 채 프린트-아웃만을 편의상 각각 소숫점 이하 5 자리 및 유효숫자 6 자리로 처리하고 있음을 알 수 있다. 이러한 과오는 표 6에서도 엿보이고 있다.

분산분석의 기본수치는 어디까지나 각 변동(제품의 합)인데도 불구하고 표 2, 표 4 및 표 6에서의 변동은 각각 유효숫자 11자리, 12자리 및 9자리로 이는 원래의 분석 데이터(생략)의 유효숫자 2, 6 및 3 자리와 비교하면 터무니없

이 과다한 자릿수이다.

잔차변동의 값은 흔히 전변동의 값에서 여타 변동들의 값을 빼어서 구하고, 또한 변동들의 값을 계산하는 과정에 가감산이 개제된다는 것을 염두에 둔다면 변동들의 값은 소숫점 자릿수로 맞추어 주는 것이 가장 바람직스러운 것이다. 표 1 및 5는 이러한 관점에서 문제점을 안고 있다고 하겠다.

분산분석의 유의성검정에서는 분산비 F_0 의 값을 F 분포표의 값과 비교하여 결론을 내리게 되는데, F 분포표의 값이 대개 유효숫자 3자리로 주어지고 있으므로, 분산비 F_0 및 불편분산 V 의 값은 유효숫자 3자리가 되는 것이 가장 합리적일 것이다. 그런데도 불구하고 F_0 및 V 의 자릿수가 표 1에서는 1~3자리, 표 2에서는 7~10자리, 표 3에서는 3~4자리, 표 4에서는 5~12자리, 표 5에서는 6자리, 그리고 표 6에서는

1~12자리로 6개의 분산분석표 모두가 문제점을 내포하고 있다.

유효숫자의 자릿수는 승제 계산시 줄어들 수는 있으나 늘어날 수는 없는데도 불구하고 S 로부터 V , 또는 V 로부터 F_0 의 계산에서 표 1에서는 1자리에서 3자리로, 표 3에서는 2자리에서 4자리로, 그리고 표 6에서는 1자리에서 12자리로 증가하고 있는 경우까지도 나타나고 있다.

전술한 바와 같이 표 2, 5 및 6의 경우 컴퓨터 내부에서는 유효숫자 7자리로 묶어 둔채, 프린트 아웃만을 편리한 자릿수로 처리하다 보니 분산분석표 상의 수치가 계산착오인 것처럼 나타나는 경우도 발생하고 있다. 또한 표 5에서는 KS에 규정되어 있는 반올림 방법이 지켜지고 있지가 못하다.

표 1. H사의 분산분석표

| 요 인 | S | ϕ | V | F_0^1 | $F_{\alpha}^1(0.05)$ | $F_{\alpha}^1(0.01)$ | |
|-----|------|--------|------|---------|----------------------|----------------------|--|
| A | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.18 | | | |
| B | 60.5 | 1 | 60.5 | 22** | 7.71 | 21.20 | |
| A×B | 8 | 1 | 8 | 2.91 | | | |
| e | 11 | 4 | 2.75 | - | | | |
| T | 80 | 7 | - | - | - | | |

표 2. D사의 분산분석표

| 요 인 | 세 곱합 | 자유도 | 세 곱평균 | F 값 |
|--------------------------|--------------|-----|-------------|----------|
| 회 귀 | 478765.20000 | 5 | 95753.03000 | 10.31520 |
| 잔 차 | 37130.84000 | 4 | 9282.71000 | |
| 계 | 515896.00000 | 9 | | |
| 결정계수 (R^2) = 0.92803 | | | | |

표 3. S사의 분산분석표

| 요 인 | S | ϕ | V | F_0 | F(0.05) | F(0.01) |
|-----|--------|--------|-------|-------|---------|---------|
| A | 0.90 | 2 | 0.45 | 1.875 | 3.00 | |
| B | 2.04 | 2 | 1.02 | 4.25* | 3.00 | |
| A×B | 0.14 | 4 | 0.035 | 0.146 | 2.37 | |
| E | 217.79 | 891 | 0.24 | | | |
| 계 | 220.87 | 899 | | | | |

표 4. D사의 분산분석표

| 요 인 | S | ϕ | V | F(0) | F(0.05) |
|-----|-----------------|--------|-----------------|--------|---------|
| 회 귀 | 161,343,486,490 | 1 | 161,343,486,490 | 128.72 | 18.50 |
| 잔 차 | 2,506,819,625 | 2 | 1,253,409,812 | | |
| 합 계 | 163,850,306,115 | 3 | | | |

표 5. L사의 분산분석표

| 요 인 | 제공합 | 자유도 | 제공평균 | F 값 | 검 정 |
|-------|---------|-----|---------|---------|-----|
| A | 743.629 | 2 | 371.815 | 164.572 | ** |
| B | 753.408 | 2 | 376.704 | 166.737 | ** |
| C | 1380.96 | 2 | 690.482 | 305.621 | ** |
| A * B | 651.926 | 4 | 162.982 | 72.1388 | ** |
| A * C | 9.03552 | 4 | 2.25888 | .999825 | - |
| B * C | 56.5924 | 4 | 14.1481 | 6.26222 | * |
| E | 18.0742 | 8 | 2.25928 | | |
| TOTAL | 3613.63 | 62 | | | |

표 6. K사의 분산분석표

| 요 인 | 제공합 | 자유도 | 제공평균 | F(0) |
|-----|-------------|-----|------------|------------------|
| 회 귀 | 40,165.5000 | 5 | 8,033.0990 | %40,265,310.0000 |
| 잔 차 | 0.0048 | 24 | 0.0002 | |
| 총 합 | 40,165.5000 | 29 | | |

III. 서브 루틴의 작성

계산의 신속성, 특히나 정확성을 기하기 위해 전산 프로그램을 개발 및 도입하여 활용하고 있다 하더라도 그 프로그램들이 위와 같은 여러 가지 문제점들을 내포하고 있다면 그 결과 얻어지는 통계적 해석의 내용에 대한 신빙성에도 역시 커다란 위험부담이 수반되고 있을 것이다. 이와 같은 오류에 대해 각 기업의 QC 요원들에게 지적을 하면 그 답변은 공통적으로 PC에서는 유효숫자 및 소숫점 자릿수 처리가 힘들어 어쩔 수 없다는 것이다. 그리고 KS에 규정

되어 있는 반올림방법은 모든 컴퓨터에서 지켜지지 못하는 난점도 극복하기가 힘들다는 것이다. 그러나 이와 같은 어려움은 유효숫자 및 소숫점 자릿수 처리를 위한 서브 루틴의 개발 및 활용에 의하여 쉽게 극복될 수 있을 것이다. 따라서 본자는 각종 실험계획법의 전산화에 앞서 간단한 서브 루틴의 개발에 주력한 바, 본고에서는 그 결과를 소개하고자 한다.

위에서 거론한 여러가지 문제점들을 극복하면서 분산분석표를 작성하고, 분산분석 이후에 추가로 필요한 각종 통계적 처리를 수행하기 위해서는 유효숫자의 자릿수 처리 및 KS A 0021

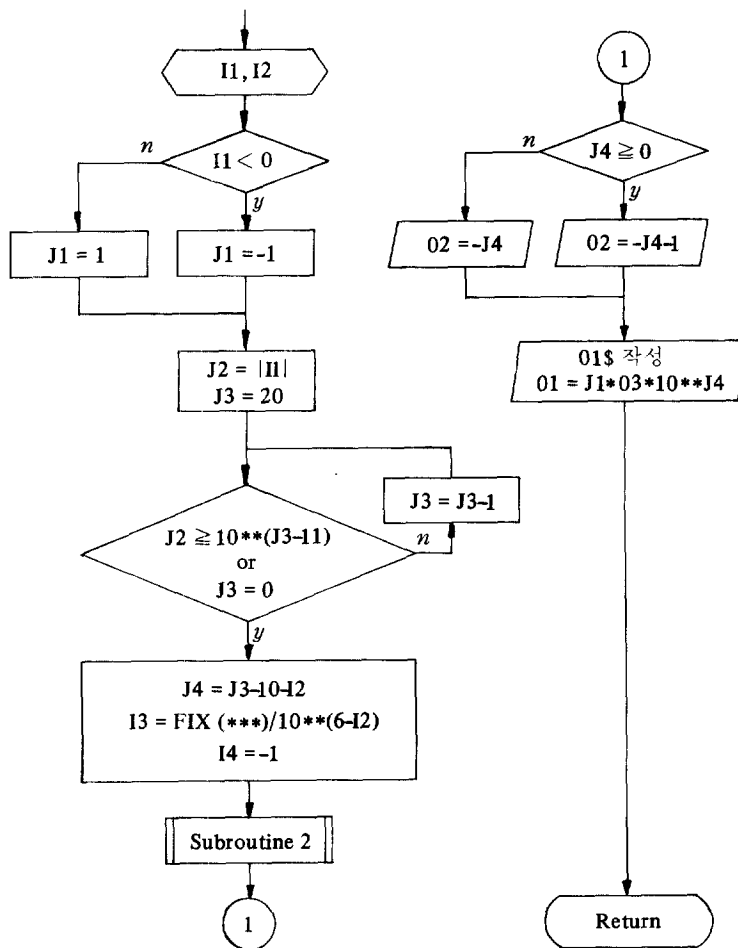


그림 1. 서브 루틴 1의 Flow Chart

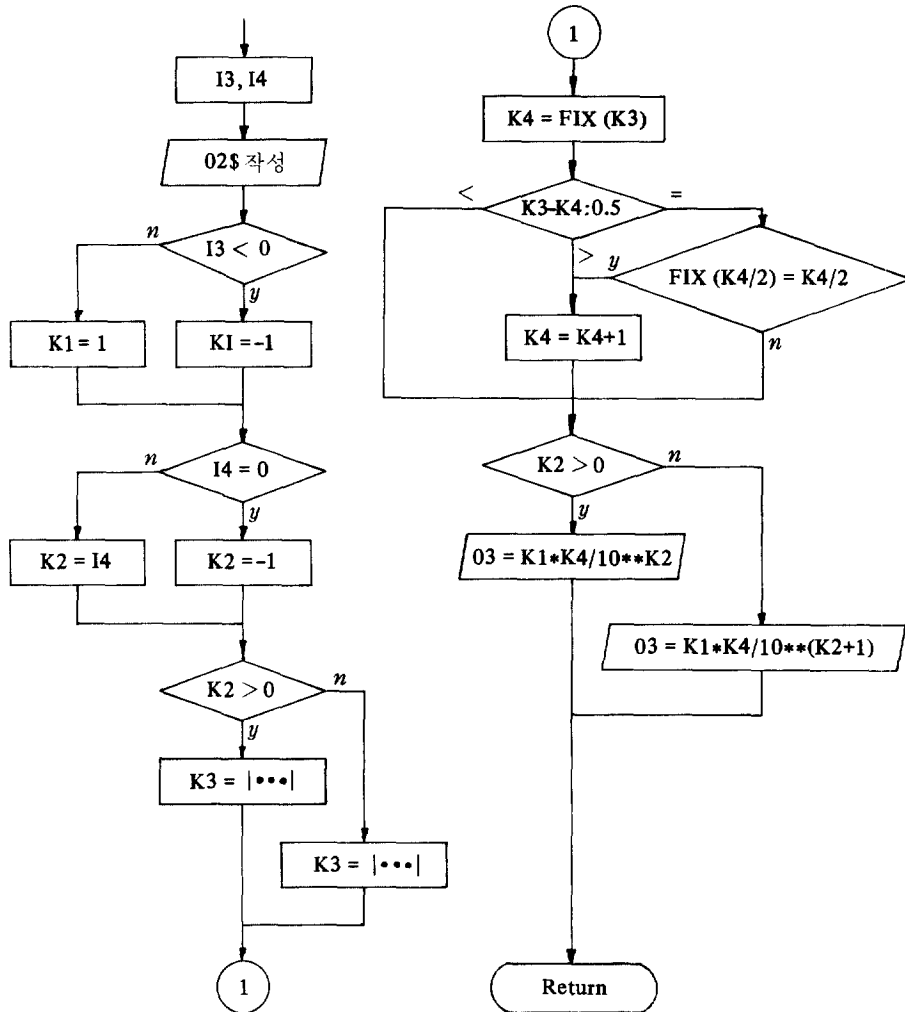


그림 2. 서브 루틴 2의 Flow Chart

“수치의 뱃음법”에 의한 소숫점 아래 원하는 자릿수까지의 반올림을 해 주는 서브 루틴이 필요할 것 이므로 이를 다음과 같이 작성하였다.

먼저 서브 루틴의 개요를 약술하면, 서브 루틴 1은 서브 루틴 2의 도움을 받아 입력한 수치를 원하는 유효숫자 자릿수까지 반올림하여 출력시키고 그 출력되는 수치가 소숫점 아래 몇 자리까지로 되어 있는가도 함께 출력시킨다. 서브 루틴 2는 단독으로 또는 서브 루틴 1과

함께 사용되는데, 입력한 수치를 원하는 소숫점 자릿수까지 KSA 0021의 수치뱃음법에 따라 반올림하여 출력시킨다. 이들 서브 루틴의 개략적인 Flow chart를 그림1 및 2에 나타내었다.

이 두 가지 서브 루틴의 입출력에 대한 보다 상세한 내용은 다음과 같다.

서브 루틴 1

입력

- I 1 - 입력수치(유효숫자 7 자리 까지)

절대치범위:0.00000 00001~99999 99000

- I 2 -원하는 유효숫자 자릿수 출력
- 01-출력수치
- 02-출력수치의 소숫점 아래 자릿수

-
-
-
- 3 -소숫점 위 3 자리
- 2 -소숫점 위 2 자리
- 1 -소숫점 위 1 자리
- 1 -소숫점 아래 1 자리
- 2 -소숫점 아래 2 자리
- 3 -소숫점 아래 3 자리

- 01\$ -출력수치의 Print Format (field width : 12)

서브 루틴 2

입력

- I 3 -입력수치 (유효숫자 7 자리까지)
절대치범위 : 0.00000 00001~99999 99000
- I 4 -원하는 소숫점 아래 자릿수 (02 참조)

출력

- 03-출력수치
- 02\$ -출력수치의 Print Format (field width : 12)

IV. 서브 루틴의 Running Examples

서브 루틴 1 및 2의 Running Examples를 각각 표 7 및 8에 예시하였다. 이들 서브 루틴을 이용하는 경우에는 전절에서 설명한 입력 데이터에 대한 제한조건에 유의하여야 한다.

출력수치에 대한 Print Format의 field width는 원칙적으로 12로 하였으나 절대치가 극히 크거나 작은 수치를 다루는 경우의 프린트 아웃에서의 truncation을 방지하기 위하여 17까지 확장될 수 있도록 허용하였다. 그러나 표 2에서와 같이 극히 절대치가 작은 음수는 Print Format을 이용하여 프린트 아웃할 경우 “-” 부호가 생략되게 된다. 프로그램에서 이를 수정할 수도 있으나 field width가 너무 커지는 것을 방지하고 또한 실용적 관점에서 거의 문제가 되지 않을 것이므로 그대로 두었다.

표 1. 서브 루틴 1의 Running Examples

| 입 력 수 치 | 원하는유효 숫자자릿수 | 출 력 수 치 | 출력수치의 소숫점 아래자릿수 | 출력수치의 Print Format | Print Format을 이용한 프린트 아웃 |
|--------------------|----------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1234567000 | 7 | 1234567000 | -4 | ##### | 1234567000 |
| -1234567000 | 5 | 1234600000 | -6 | ##### | -1234500000 |
| 0.0000000001234567 | 6 | .000000000123457 | 15 | ##### | .000000000123457 |
| -0.00001234567 | 3 | -0.0000123 | 7 | ###.##### | -0.0000123 |
| 17.245 | 4 | 17.24 | 2 | #####.## | 17.24 |
| -17.245 | 1 | -20 | -2 | ##### | -20 |
| 0 | 2 | 0 | 0 | ##### | 0 |
| -325 | 0 | 0 | 0 | ##### | 0 |
| 125.815 | 5 | 125.82 | 2 | #####.## | 125.82 |
| -125.815 | 8 | -125.815 | 5 | #####.##### | -125.81500 |

표 2. 서브 루틴 2의 Running Examples

| 입 력 수 치 | 원하는 소숫점 아래 자릿수 | 출 력 수 치 | 출력수치의 Print Format | Print Format 을 이용한 프린트 아웃 |
|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1234567000 | -8 | 1230000000 | ##### | 1230000000 |
| -0.000000001234567 | 15 | -0.00000000123457 | .##### | *.00000000123457 |
| 0.000455 | 5 | .00046 | #####.##### | 0.00046 |
| -0.000465 | 5 | -.00046 | #####.##### | -0.00046 |
| 370 | 0 | 370 | ##### | 370 |
| 12345.67 | -1 | 12346 | ##### | 12346 |
| 0 | 3 | 0 | #####.### | 0.000 |
| 0 | -2 | 0 | ##### | 0 |
| 0.037 | -5 | 0 | ##### | 0 |
| -0.037 | 5 | -.037 | #####.##### | -0.03700 |

* field width 부족으로 "-"부호 생략됨.

V. 결 론

국내 각 기업에서 활발히 시도되고 있는 QC 기법에 대한 전산화에서의 유효숫자 및 반올림 처리에 대하여 고찰해 보았다. 조사대상으로 삼은 업체들이 국내 유수의 정평이 나 있는 대기업들인데도 불구하고 예상했던 이상의 문제점들을 내포하고 있었다는 것을 감안한다면 국내 전체 산업계에서의 문제는 더욱 심각하다고 하겠다.

그래서 이를 해결하기 위한 하나의 방안으로서 특히 PC를 염두에 두고 유효숫자 및 반올림 처리를 위한 서브 루틴을 작성해 보았다. 그러나 이는 어디까지나 하나의 시안으로서 아직

개선의 여지가 많다고 하겠다.

날로 초정밀성을 추구해 가고 있는 산업계의 추세에 비추어 유효숫자 개념을 소홀히 다루어 왔던 국내 산업계의 병폐는 비단 논자 혼자만의 우려는 아닐 것이다. 본 연구의 근본 취지는 어디까지나 이와 같은 병폐에 대해 경종을 울리고 유효숫자 개념의 정립에 따라 데이터의 측정정밀도에 대해서도 각성을 촉구하자는 데 있다고 하겠다.

본 연구의 결과가 국내 각 기업의 전산화에 조그마한 보탬이 되기를 바라면서 본 연구를 더욱 양으로 도와 주고 발표의 기회를 주신 모든 분들에게 깊은 감사를 드린다.

參 考 文 獻

1. 서문원(1983), "Application of Statistical Methods and Current Practices of Statistical Quality Control among U.S. Industries - New Theories and Trends for Renewed Objectives", 83국내외 한국과학기술자학술회의 논문집, 하계심포지움편, 한국과학기술단체총연합회, p. 291-299.
2. 鄭秀一(1983), "국내QC 활동의 문제점 및 대책", 83국내외 한국과학기술자학술회의 논문집, 하계심포지움편, 한국과학기술단체총연합회, p. 287-290.
3. 鄭秀一(1984), "品質管理技法의 電算化에 관한 研究(I)", 仁荷大學校産業科學技術研究所 論文集, 第12集, p. 52-61.
4. 鄭秀一(1986), "品質管理技法의 電算化에 관한 研究(II)", Journal of the KSQC, Vol. 14. No. 1, p. 19-25
5. Juran, J.M. (1987), "Managing for Quality - the Critical Variable", Special Lecture 1, ICQC 87 Tokyo.
6. D社(1986), SQC 전산메뉴얼.
7. D社(1987), 改善事例集.
8. H社(1985), 과학적 관리기법 적용사례.
9. K社(1986) SQC 電算 PACKAGE 活用 MANUAL.
10. L社(1985), SQC SYSTEM MANUAL.
11. S社(1985), 改善事例集.