

電子管工業に於ける統計的品質管理の諸問題

千 秋 英 一*

Several Problems in Quality Control in Electronic Valve Industry Based on Statistical Method

By Eiichi Chiaki
Mobara Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Electronic valves or the products of the so-called electronic valve industry employ an immense variety of materials and the electrode elements widely varied in dimensions, and require diversified treatments and processes in production.

The variation in the materials, dimensions and processes has a very significant effect on the characteristics of the finished products, and most of the effect are only detectable when they are put under testing in the final stage of production. The first step to manage this awkward situation should be the correct application of the statistical quality control method on these factors for every stage of manufacture.

Presently, the quality control method is being applied in every phase in this industry as well as in many other industries. And, although there are no particular differences between the application method for this industry and that for others, it is not deniable that former has its own characteristics peculiar to the electronic valve industry.

The writer takes up such peculiar problems in this article in respect to the method of application of a better quality control for the electronic valve industry.

〔I〕 緒 言

各種工業に於ける統計的手法の利用による品質管理はアメリカ、イギリス、特にアメリカに於て第二次大戦前から採用され、大戦中更に著しい発展をとげたもので、我国に於ても戦前から一部識者によつてこの考え方の普及に努力が重ねられてはいたが、特に著しい進展は認められず、我国に於ける所謂統計的品質管理の実質的な応用は戦後この思想が再びアメリカから導入された時に始めて発足したといつて誤りでない。

しかし、戦後この思想及び具体的手法が導入されてからの各種工業への普及は極めて速かなものがあり、特に化学工業関係では著しい進展が認められ、その他の工業に於ても漸次普及しつつある状況にある。

電子管工業は諸工業の中でも比較的早期にこの考え方を受入れ、実施に移したもので、その一般水準もかなり高度のものがある。統計的品質管理というものゝ本質上内容的にいつてそれぞれの工業に独自の方法があるわけではなく、電子管工業も亦その例から外れるものではないが、工業の性格として

- (1) 多種類の材料を用い
- (2) 多岐に亘る形態寸法を有する電極部品を使用し
- (3) 多段階の処理加工工程を経て製作され
- (4) しかも、それらの工程変動が最終製品の特性に極めて大きな影響を与え
- (5) 更にそれらの影響が途中工程では発見され難く、最終製品の検査段階で始めて発見されることが多い

という特殊な性格を持つているために、特異な応用面を

* 日立製作所茂原工場

持っていることは強調されなければならない。

この小文に於ては、現在電子管工業に適用されている統計的管理手法の中で最近問題となつてゐる、或は特に興味のある若干の問題を取り上げて述べることにする。

〔II〕 電子管工業の構成

主題に入る前に、以下に述べる問題の内容の理解に便ならしめるため、先づ電子管工業の構成に就いて簡単に説明を加えることにする。

電子管工業に於ては、ある特定の電気的特性諸元を有する電子管の製作を要請された場合、一般に次のような段階を経て所望の製品が製作され、出荷されることになる。即ち、

(A) 設 計

要求の特性諸元に基いて、使用材料の材質及び処理方法の選定、諸電極寸法の設定に就いて物理、化学、数学的な検討を行い製作に関する諸仕様を発する。

(B) 電極部品の製作

上記により発せられる製作仕様に基いて、それぞれ所定の寸法及び寸法精度、形態を持つ電極部品を製作する。

(C) 電極部品の組立及び主体となる加工処理

(B)によつて製作された諸電極部品を指定仕様に従い組立て、封止、排気、エーディング等必要とする加工処理を加えて製品を製作する。これが主たる製作工程となる。

(D) 試験及び検査

(C)によつて製作された最終製品に就いて、それが要求の電気的特性諸元を満足するものであるかどうかを試験する。最近是一般電気的諸特性の他に寿命特性に就い

ての試験が付け加えられることが屢々ある。

試験の結果、その製品が要求諸条件を満足しないものであることが明かにされた場合には、その原因が追求され、その結果に基づく変更仕様により再び上記工程を辿つて製作が繰返されることになる。

このように、要求の諸条件が提示されてからいろいろの段階を経て始めて製品が工場外へ出荷されることになるわけであり、従つて、その製品の製作に就いて意味のある管理を実施しようとする場合には当然これら諸段階のすべてに就いて詳細に亘つて統計的管理手法を適用しなければならない。

なお適切な材料を選定するに当つては当然物理化学的基礎研究の助力を必要とし、又使用材料の入手に際しては材料に関する試験を実施する必要がある、それらの何れに対しても、それぞれ必要適切な統計的管理手法の利用が期待されることになるわけではあるが、こゝではこの関係の問題に就いてはすべて省略し、上記 4 段階に於ける利用の問題に就いて述べることにした。

又上記 4 段階の中、(C)の『電極部品の組立及び主体となる加工処理』の内容は、更に細分して図式的に示すと、第 1 図に示すようになる。

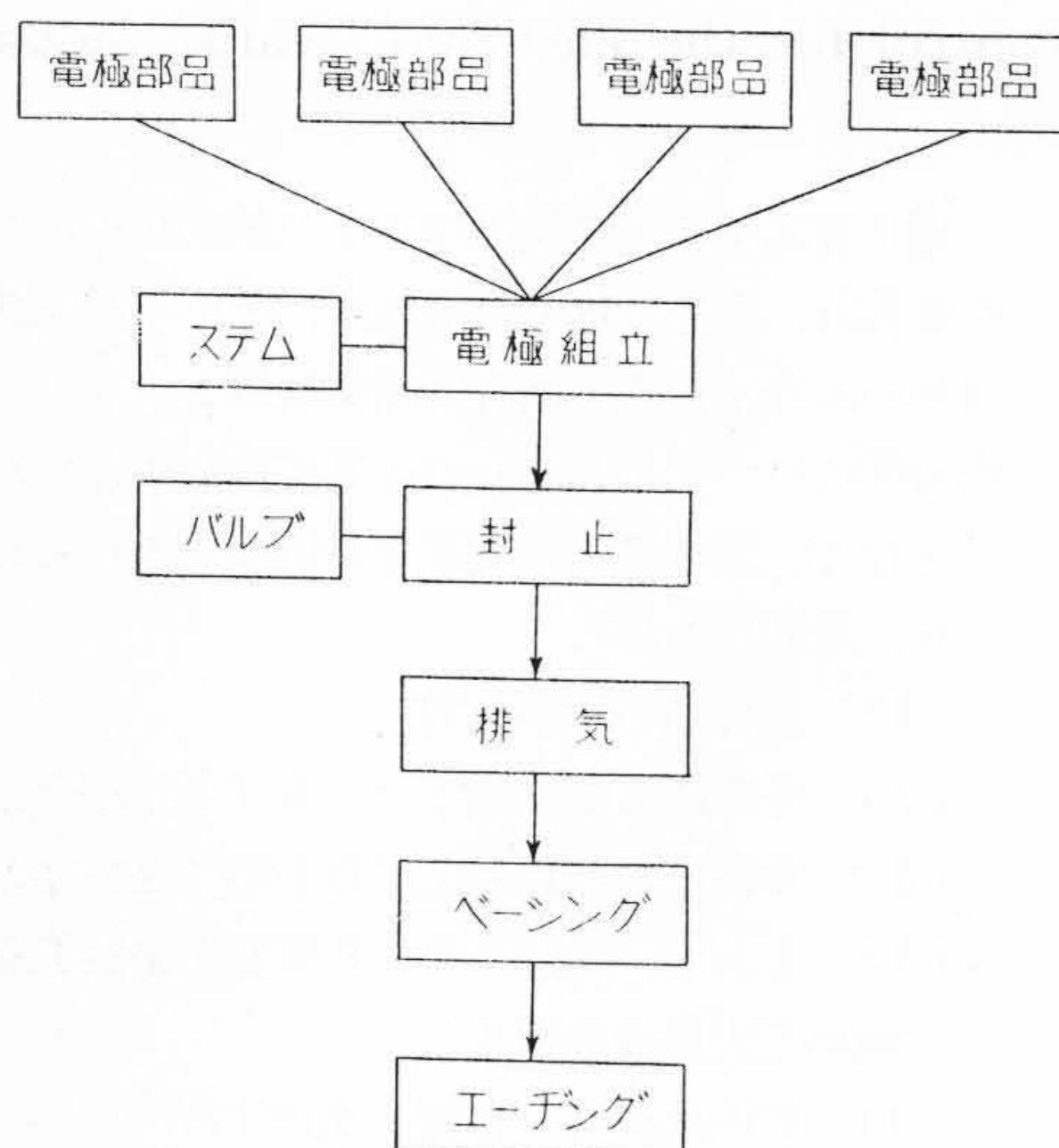
〔III〕 設計問題に関する統計的手法の利用

要求の特性諸元に基いて設計を行う場合先づ問題とされるところは、

(A) 適切な電極材料及び適切な加工処理法の選定

(B) 諸電極部品寸法の設定

の 2 点である。



電極部品の処理を含む

ステム上に電極部品を組立て、結線する

上記工程により製作されたマウンドをパルプ内に封入

電極部品の脱ガス、陰極炭酸塩の分解など

ベース(口金)を接着する

所謂エーディング(枯化)操作を加える

第 1 図 電子管製作の主体となる工程

Fig. 1. Main Manufacturing Process of Electronic Valve Industry

この中前者の問題に就いては、基礎的な実験研究乃至考察と同時に、主として『実験計画法』の利用による検定推定が行われ、これに就いて信頼限界の問題、検定精度の問題など、二、三問題となる点もあるが、一般に正規の所謂実験計画法的手法の利用で十分事足りるものと考えられるので、こゝでは省略することとする。

後者、即ち諸電極部品寸法の設定に就いては、要求諸条件を満足すべき寸法自体の決定には、電子幾何光学その他所謂一般電子管設計法なるものがあり、それに基づく数学的計算によつて十分に目的を達することが出来るが、こゝで問題になるのは、それぞれの電極に与えらるべき寸法変動許容範囲即ち公差及び各電極への公差の妥当な分配はどうすればよいかということである。

電極寸法公差及び公差の分配

電子管の電気的特性に就いては

- (a) その製品に独立に要求される数項目の特性を同時に満足しなければならないこと、
- (b) その電気的特性は各電極の相対位置、従つて各電極寸法の組合せの変動によつて相互に関連を保ちつゝ、しかもそれぞれ異なる函数関係を以て同時に変化すること、

の二つの命題を本質的に有している。このために各電極の設計に当つては各電極寸法の変動をある公差範囲内に抑えることが必要となるが、この場合に満足しなければならない条件は下記の通りである。

- (A) それぞれの電極寸法公差は、それらの電極を組合せて作った製品の特性の変動が、予めその特性値に与えられている公差範囲内にあるように定められていること。
- (B) 各電極に与えられる寸法公差は、それらの製作精度の実情に合致するものであること。

一般に、標準偏差で表わして $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ なる寸法変動を有する n 種の部品群を用いた場合、それらを組合

せて作った製品の寸法変動を σ_{sum} とすれば、これらの間には

$$\sigma_{sum} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \dots\dots\dots (1)$$

なる関係が成立するが、上記(A)の条件はこの σ_{sum} から推定される製品特性の変動範囲(一般に $\pm 3\sigma_{sum}$)が予め与えられている変動許容範囲に等しいか、或は前者の方が小さくなければならないという条件である。即ち製品寸法変動許容範囲を TOL とした場合、

$$TOL \geq \pm 3\sigma_{sum} \dots\dots\dots (2)$$

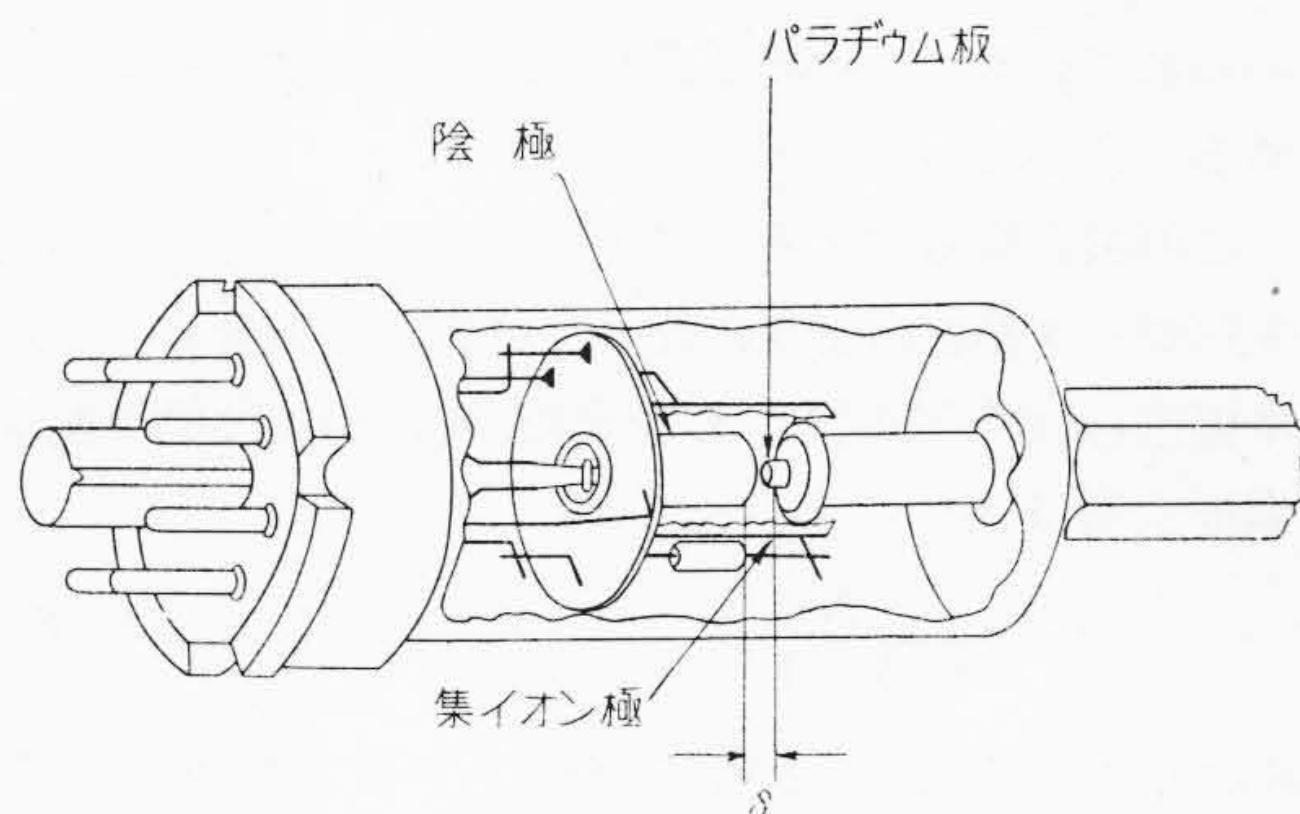
であることが要求されることである。もし

$$TOL < \pm 3\sigma_{sum} \dots\dots\dots (3)$$

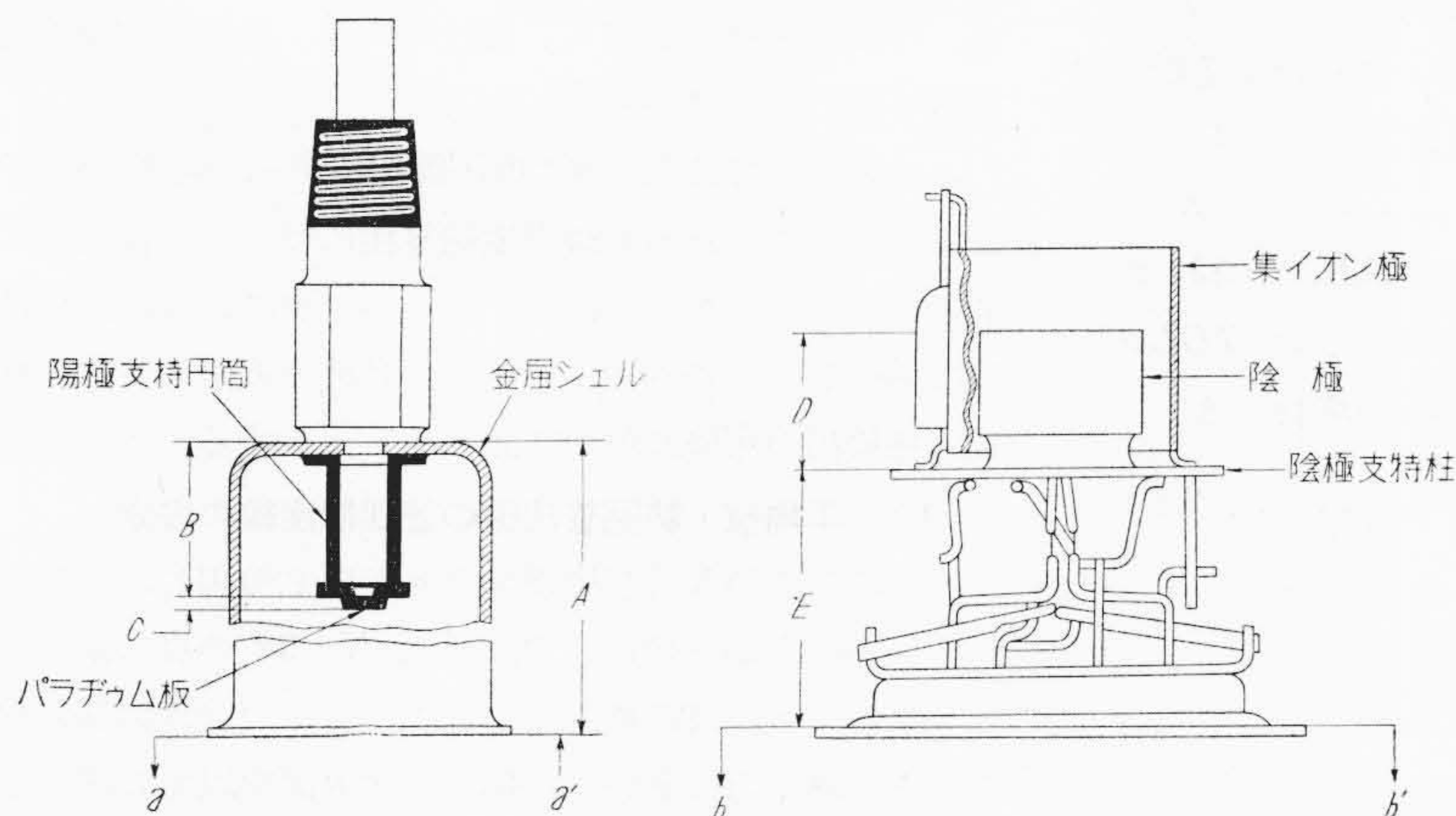
なる場合、即ち予め与えられている許容範囲の方が小さい場合には、最終製品に於てそれに対応するだけ規格外のものがあらわれることとなる。従つて、それぞれの部品に公差を設定する場合、(1)、(2)両式を満足するように箇々の $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ の許容値を与える必要がある。

しかしながら、上記(1)、(2)両式を満足するような $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ の選び方は無限にあり、最も簡単な場合

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_n = \frac{\sigma_{sum}}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (4)$$



第2図 電離真空計外觀図
Fig. 2. Outside View of Ionization Gauge Tube



第3図
電離真空計内部構造図
Fig. 3.
Internal Structure of Ionization Gauge Tube

即ちすべての公差を等しくとればよいことになるが、一般にそれぞれの部品は形態も異り、使用材料も違い、異なる変動を有しているのが普通で、一概に同一公差を与えることは無理であり、実際の実情に応じて公差を適宜分配する必要がある。これが(B)の条件である。この場合最も妥当と考えられる方法は、これに先行する過去の試料測定値或はこれに相当するデータから母集団変動の値を推定し、その結果に基づいて(1),(2)式の条件を満足するよう許容公差を分配するという方法である。

実例を挙げて示せば下記のようになる。

即ち、第2図及び第3図(前頁参照)はある特殊目的に使用する電離真空計の外観及び内部構造を示すものであるが、この球で問題となる特性は陽極電流 I_p であり、更にこの特性を左右する主たる要因は陽極陰極間距離である。従つて I_p を管理しようとする場合には上記両極間距離を管理することが第一の要件となるが、この距離は第3図にみられるように、A, B, C, D, E の5部分の寸法によつて左右されることとなる。即ち

$$\text{陽極陰極間距離} = A - B - C - D - E \dots\dots\dots (5)$$

又、それぞれの部品の寸法は設計上指定の値があり、更に陽極陰極間距離も亦設計上その寸法及び許容変動が定められている。この場合各部品寸法公差はどのように定めるべきかという問題である。

この場合採るべき手段は下記の通りである。即ち先ず先行データがどのようになつてゐるかを調査し、その標準偏差(試料標準偏差) s を求め、更に母集団標準偏差不偏推定値 $\hat{\sigma}$ を

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{N}{N-1} s^2} \dots\dots\dots (6)$$

により求める(こゝで N は先行データの大きさ)。得られたそれぞれの部品の不偏推定値を $\hat{\sigma}_A, \hat{\sigma}_B, \hat{\sigma}_C, \hat{\sigma}_D, \hat{\sigma}_E$ とすれば、それらを組合わせて作つた最終製品の両極間距離の標準偏差不偏推定値は(1)式から

$$\hat{\sigma}_s = \sqrt{\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_B^2 + \hat{\sigma}_C^2 + \hat{\sigma}_D^2 + \hat{\sigma}_E^2} \dots\dots\dots (7)$$

一般に標準偏差 σ なる場合、その箇々のものゝ変動範囲はほぼ $\pm 3\sigma$ と考えられるから(2)式の条件から

$$TOL \geq \pm 3\hat{\sigma}_s \dots\dots\dots (8)$$

が満足されなければならない。こゝで、 $TOL = \pm 3\hat{\sigma}_s$ の場合は問題はないが、 $TOL < \pm 3\hat{\sigma}_s$ の場合或は $TOL > \pm 3\hat{\sigma}_s$ でも公差一杯まで変動を許容したい場合には

$$k = \frac{TOL}{6\hat{\sigma}_s} \dots\dots\dots (9)$$

を求め、

$$TOL_A = \pm 3\hat{\sigma}_A \times k$$

$$TOL_B = \pm 3\hat{\sigma}_B \times k$$

⋮

により各部品公差を決定する。

但し、上記の例は単に両極間距離というような一つのディメンションのみが問題になる簡単な場合の例で、一般に多極真空管の電気的特性とそれらを構成する各種要素との関係に就いては、こゝに述べたように簡単に取扱ふことは出来ず、別箇に考慮する必要がある。

〔IV〕 電極部品製作及び主体製作工程に於ける統計的手法の利用

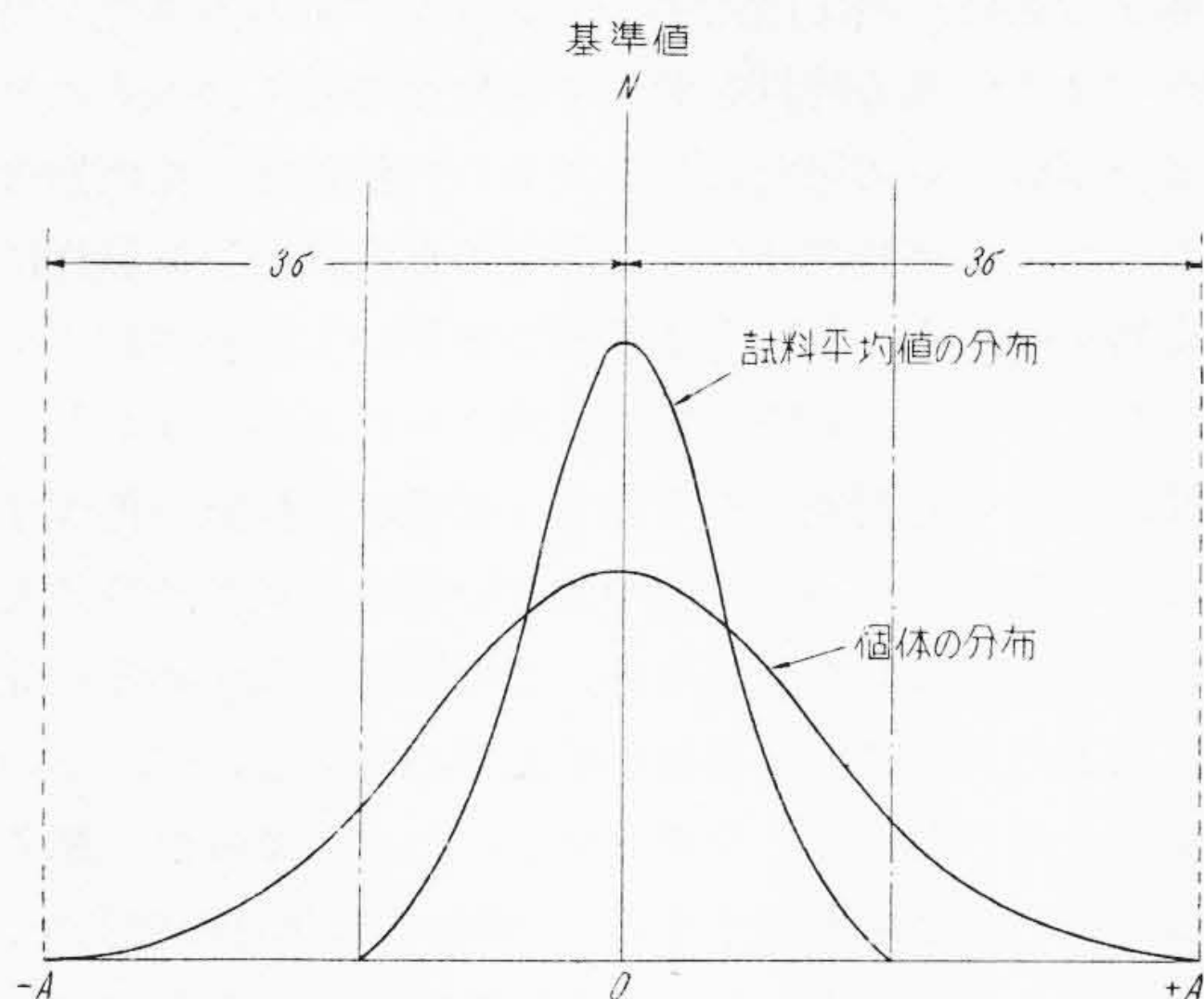
設計が一応完了すると、その仕様に基いて電極部品の製作及び電極組立以降の主体製作工程に入るわけであるが、これらの製作工程に於ける第一の主眼は要求の特性を有する製品を最も経済的に良品のみを作ることにある。ところが、この間の諸工程に於ける変動の最終製品の品質変動に与える影響はかなり大きく、しかもこれらの影響は途中の工程で発見されることは困難で、製品が既に出来上つた最終の検査段階に至つて始めて検出されるという潜在的な特質を持つてゐる。又、たとえ最終製品の検査で不良内容が検出されても、それを修正することは勿論それがどの変動に基因するかということすらも直ちに知ることが出来ない場合が屢々ある。これらの理由からも最終製品の品質変動を極小に止めるためには、先ずこれらの製作工程に於ける諸要因の変動を監視し、出来るだけ狭い範囲に押えて行くことが最も重要なこととなる。又事実生産現場に於ける努力の大半はこの問題に集中される。

このような目的のために広く用いられている方法は所謂品質管理図(一般には略して管理図)、即ち測定点をグラフ紙上に打点し、これに限度線を設けて打点が限度線を超えた場合その工程間に異常の変動があるとして原因を追及するという方法で、管理図の方式としては、平均値管理図、平均値・標準偏差管理図、平均値・範囲管理図、不良率管理図、欠陥数管理図等種々の方式があるが、電子管工業に於ては一般に量産の方法がとられているため、平均値・標準偏差一、或は平均値・範囲管理図が最も屢々用いられている。

この章に於ては上記平均値・標準偏差一、或は平均値・範囲管理図に於ける管理限度線算出に就いて、従来法に若干修正を加えた方式に就いて述べ、更に、管理図の問題に関連して、管理図に描かれた2種の要因の変動の相関々係検出の実例に就いて述べることとする。

(1) 平均値・範囲管理図の管理限度線の設定

一般に基準値 N 及び標準偏差 σ が既知の場合、予想される分布の広がり(の)最小の限界は $N \pm 3\sigma$ の点にあることとなることは既に周知のことで、従来の管理図法に於てはこの考え方に基いて、抜取箇數 n 箇を以て管理する場合管理限度線として



第4図 中心 N 、標準偏差 σ の正規分布及びその試料平均値の分布

Fig. 4. Normal Distribution with Nominal N and Standard Deviation σ , and Distribution of the Sample Averages

平均値に対しては

$$N \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \dots \dots \dots (10)$$

範囲に対しては

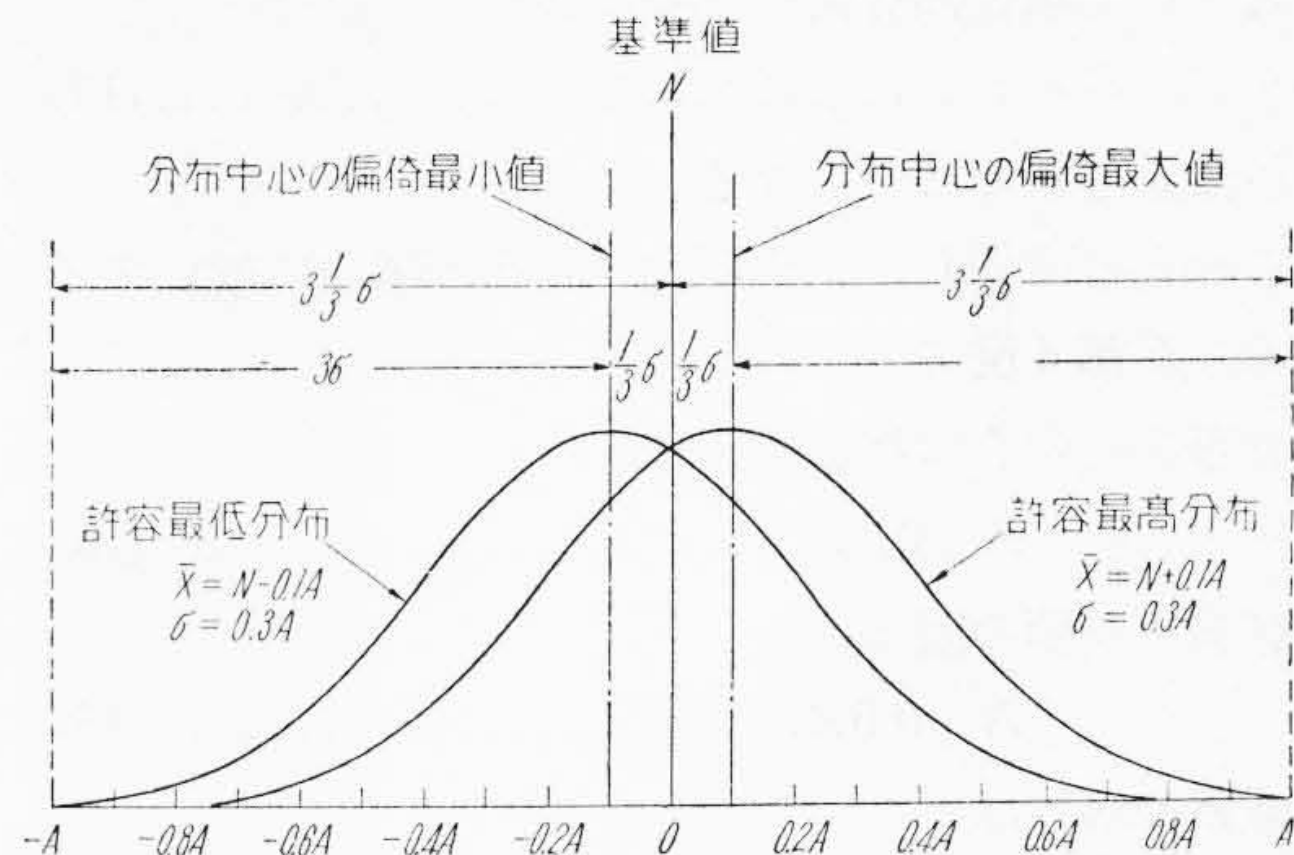
$$D_2\sigma \quad (D_2 \text{ は係数}) \dots \dots \dots (11)$$

を適用する方式がとられて来た。即ち今考えている製品ロット全体が N を中心とし、 σ なる標準偏差を持つ第4図の如き正規分布をしている時に、それから n 箇づつの試料を抜取つた場合、その平均値及び範囲がどのような分布をするかということから出発している。しかしながら、これはその製品全体の分布の中心が基準値の位置に管理された状態にある場合にのみ成立することであり、現実連続的に生産されている製品系列に於て、その分布の中心が基準値の位置に一致する確率は極めて小さく、むしろ大部分の場合分布の中心は必ず基準値から左右何れかへ偏っているのが普通で、従つて上記の限界線算出方法は必ずしも妥当なものとはいえず、正しくは分布中心の移動を考慮に入れた上での設定が望ましい。

分布中心の許容移動範囲をどの程度にとるべきかの問題に就いては、いろいろの場合それぞれの実情に応じて状況が異なり、必ずしも一概に結論することは出来ないが、こゝでは簡単のために、この許容移動範囲を実際の分布の標準偏差の $\frac{1}{3}$ 即ち $\frac{1}{3}\sigma$ と仮定して話をすゝめることとする。

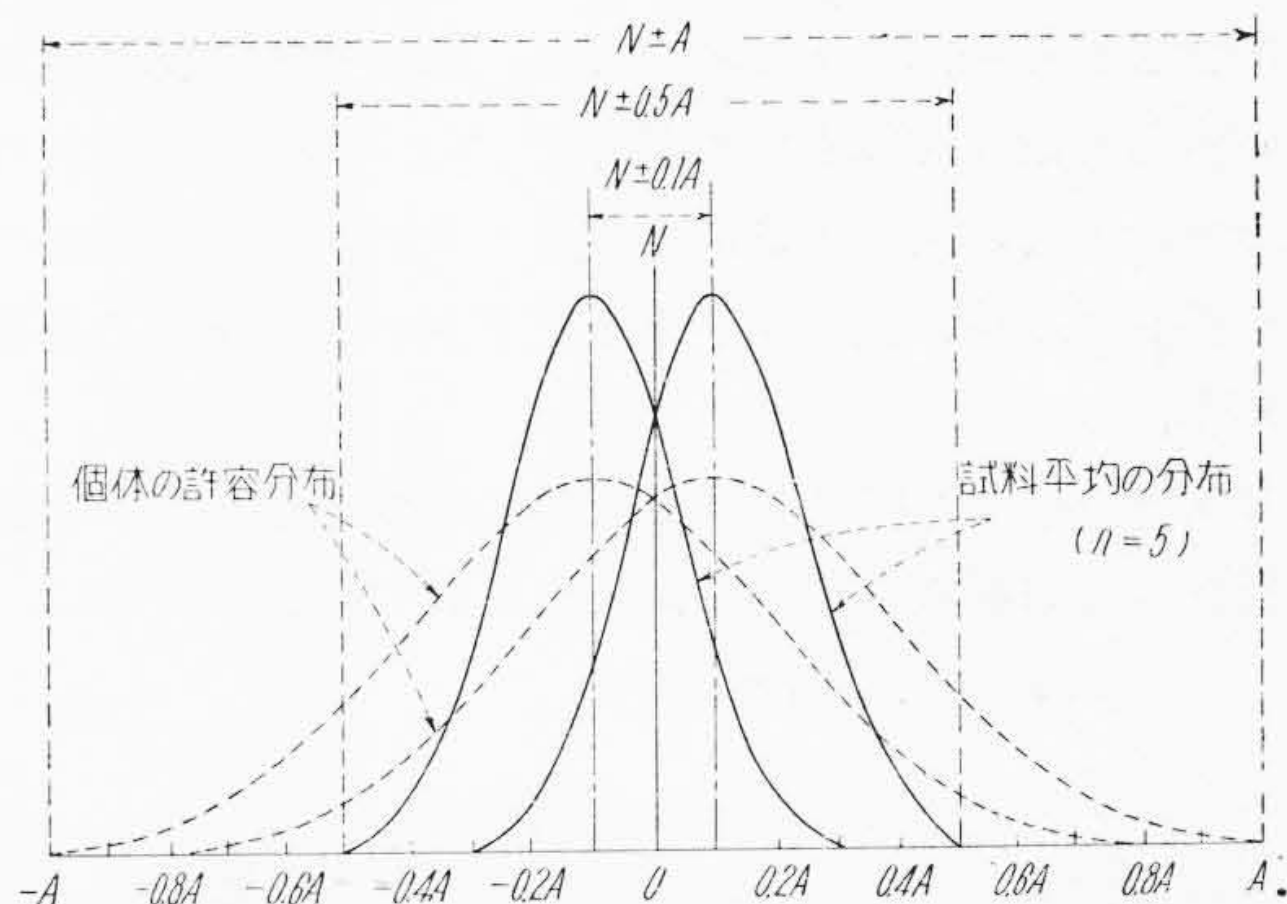
このように仮定すると、許される極限の分布は第5図に示す2つの分布、即ち

$$N + \frac{1}{3}\sigma \text{ に中心を有し、標準偏差 } \sigma \text{ をとする分布,}$$



第5図 分布中心に $\frac{1}{3}\sigma$ の移動を許容する場合の受容し得る最大、最小の分布 (σ : 標準偏差)

Fig. 5. Maximum and Minimum Acceptable Distribution, When $\frac{1}{3}\sigma$ Transition of Centre from Is Permitted Nominal (σ : Standard Deviation)



第6図 分布中心に $\frac{1}{3}\sigma$ の移動を許容する場合の試料平均値の分布及び管理限界 ($n=5$)

Fig. 6. Distribution of Sample Averages and Control Limits, When $\frac{1}{3}\sigma$ Transition of Centre from Is Permitted Nominal ($n=5$)

$$N - \frac{1}{3}\sigma \text{ に中心を有し、標準偏差を } \sigma \text{ とする分布}$$

で示されることとなり、従つて箇々の製品総体の限界は基準値の左右それぞれ $3\frac{1}{3}\sigma$ となるが、この場合それぞれの限界値の標準値からのへだたりを A とすれば、上記した分布中心の許容移動範囲は

$$N \pm 0.1A \dots \dots \dots (12)$$

となる。

こゝで、上記の分布中心の移動を考慮した上で、大きな n の試料をとつてそれらの平均値及び範囲の値から管理を実施する場合の限界線を考えると(12)式により更に従来の管理限度線設定の場合の方式と全く同様の手順により、試料平均値の限界は基準値 N を中心として

$$N \pm \left(\frac{1}{3}\sigma + \frac{3}{\sqrt{n}}\sigma \right) \dots \dots \dots (13)$$

となり、又範囲は従来と全く同様

$$D_{2\sigma} \dots\dots\dots (14)$$

を以て示されることとなる。

これらの関係を、試料の大きさ 5 の場合に就いて示したものが第 6 図で、この場合

分布中心の許容移動範囲は

$$N \pm 0.1A \dots\dots\dots (15)$$

試料平均値の限界は

$$N \pm 0.5A \dots\dots\dots (16)$$

範囲の限界は

$$\text{最大 } 1.48A \dots\dots\dots (17)$$

となるわけである。

(16), (17) 式であらわされる管理図方式の従来の方式と著しく異なる点は、試料平均値の管理限界設定の際に、従来の中心線の代りに、ある幅を有する中心帯ともいふべきものを設けたことにある。なおこの場合、試料平均値が管理限界線内にある場合でも、製品分布の基準値からの恒常的偏りを制限する意味で $N \pm 0.1A$ の範囲から上方或は下方の同一方向に連続して 7 点以上の打点がつく場合は工程に異常ありとしてアクションをとる必要がある。

又規格或はそれに相当するものによつて中心値及び製品特性の許容範囲が予め与えられている場合、従来は

$$\frac{\text{許容範囲最大}-\text{最小}}{6} = \sigma \dots\dots\dots (18)$$

として、この値に基いて限界線の設定を行うという方式がとられて来ているが、実際の工作精度即ち級内変動が (18) 式によつて与えられるものより甚だしく小さい場合には、上記 (10), (11) 式によつて与えられる結果は、範囲限界は不必要に大きく、平均値限界は必要以上に狭くなるという不合理な形をとることとなる。この不合理はこの節の当初に述べたことと全く同様に、分布の中心が常に基準値にあるという仮定から発生するもので、この場合にも上記と全く同様の考え方によつて妥当な限界線を設定することが出来る。

(2) 相関の利用による特性変動原因追求の実例

上記の管理図の利用による工程変動の管理の外に、現場の直接生産に利用されている統計的手法は実験計画法に基づく実験による最適作業条件の選定及び推定、相関の利用などかなり数多く、実際にも屢々応用されて有効な効果が得られているが、何れも大体それらの正規の手法の活用ともいふべきものであり、こゝではそれらの箇々の手法に就いて述べることは避け、実際に応用された例として、電子放射不足による不良即ち一般にエミッション不良と呼ばれているものゝ変動と気象条件変動との間の関連の有無に就いて系列相関係数を利用して検定を行つた場合の実例を挙げることにする。

電子管製作に於て所謂エミッション不良が週期性を持つたように或る時期をおいて発生することは過去に於て屢々経験されて来たところであり、例えば「梅雨期はエミッション不良が多い」、「湿気の影響は電子管製作に悪影響を与える」というようなことがいゝ慣わされて来ていた。事実この関係があると考えられるかどうか？この問題はその外周条件をそのまま任意に実験室で再現することが難しいため、問題の大きい割には比較的等閑視されて来ていたものであるが、この関連を確かめる意味で、過去のデータから月毎の不良率の変化と、二、三の気象データの変化をとりグラフ上に打点してみた。第 7 図はそれらの結果を示すもので、横軸には年月の経過を、縦軸にそれぞれ問題としている特性値をとつたものである。なお気象条件としては月平均湿度、月間降雨日数、月間降水量(図に於ては月間降水量は省略)をとつた。

この結果によれば、従来最も関連性大として考えられて来た湿度変動は実際には余り関連性が深いとは認められず、むしろ月間降雨日数の変動の方がエミッション不良率変動と相似した変動を示しているように認められる。試みにそれらの相関係数を求めてみると、エミッション不良変動と降雨日数変動との間には危険率 1~0.1% の間で 0.49 なる値が得られ、湿度変動との間にはそれ以下の値が得られている。

これだけの結果からでは、それらの間に実際に相関々係が存在するかどうかはつきりした結論を得ることは出来ないが、更にそれぞれに就いての系列相関係数即ち

$$r_k = \left(\frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} x_i x_{i+k} - \bar{x}^2 \right) / S^2$$

を求め、 r_k のグラフ即ちコレログラムを利用することによりかなりはつきりした結論を得ることが出来た。即ち第 8 図はエミッション不良率変動及び降雨日数変動のコレログラムを示すものであるが、この結果から両者共殆ど同一周期で周期的に変動のあらわれていることが判り、両者の間に相当確実と考えられる相関々係のあることが知られる。又この結果からこれらの変動が 1 箇年間の間に約 2 回の周期で発生していることも同時に知ることが出来る。

これらの問題の技術的解明も亦かなり興味ある問題であるが、こゝではすべて省略することとする。

〔V〕 試験、検査に於ける統計的手法の利用

最終製品の試験及び検査の主たる目的は、その製品が要求の条件を満足する特性を具えているか否かを確かめることにあり、具体的に電子管工業に於ては

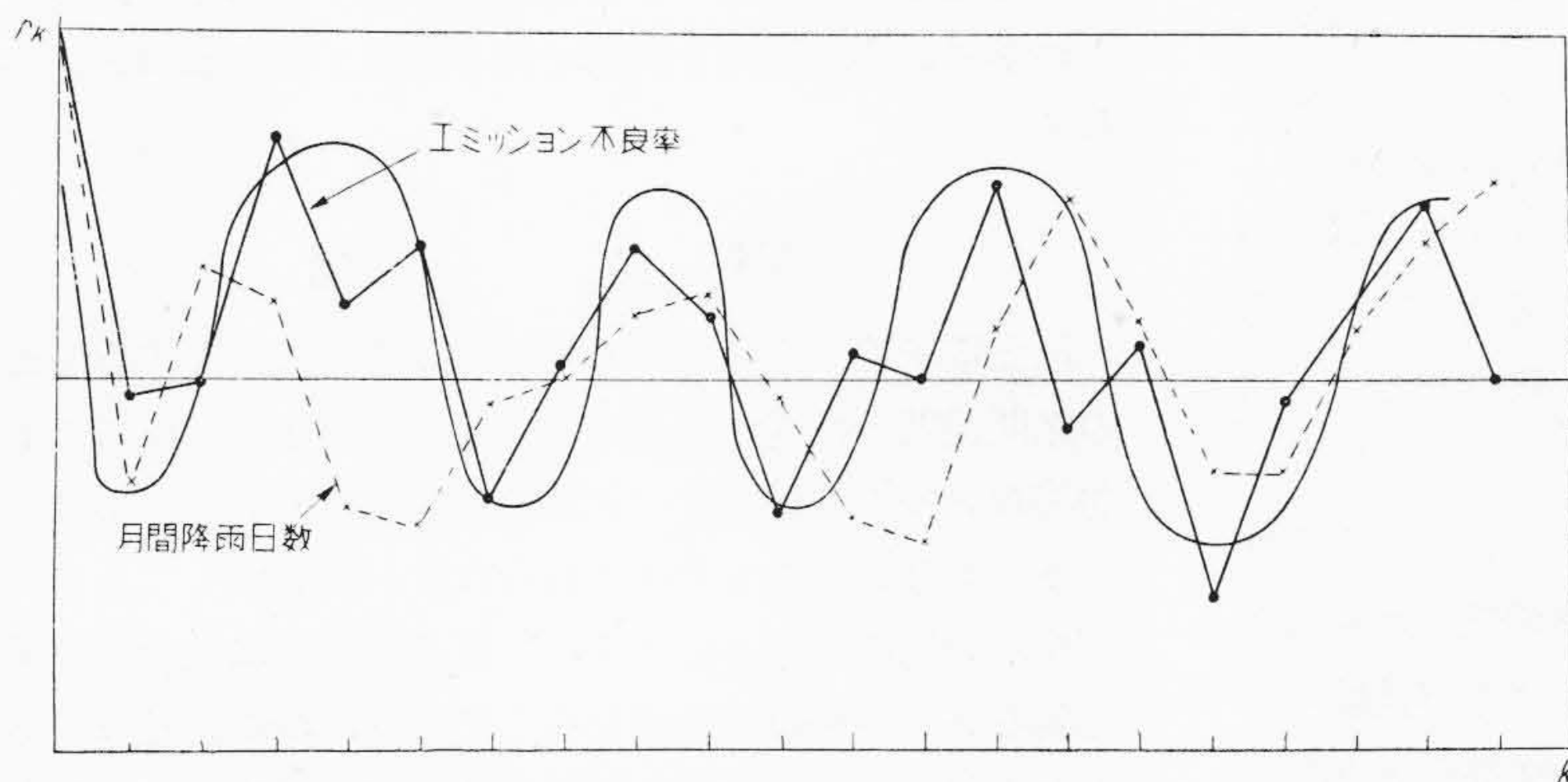
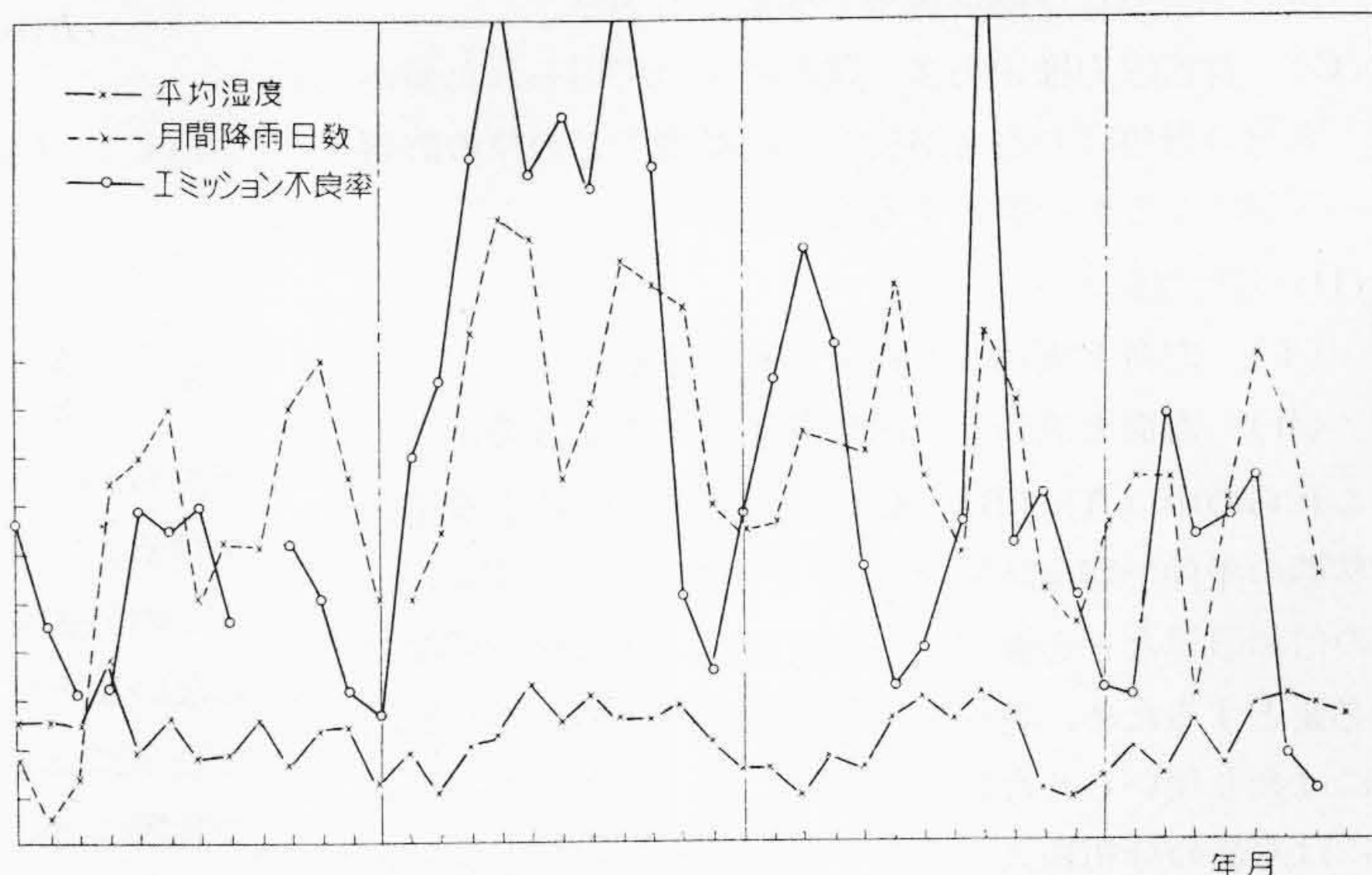
(A) その製品が要求の電気的特性を満足するか否か

第7図

エミッション不良率及び二、三の気象
条件の変動

Fig. 7.

Variation of Percent Emission
Defective and Several Weather
Conditions



第8図

エミッション不良率及び月間降雨
日数のコレログラム

Fig. 8.

Correlogram of Percent Emission
Defective and Number of
Wet Days per Month

(B) その製品が或妥当と思われる期間満足な電氣的特性を持続することが出来るかどうか、即ち満足な寿命特性を持つているかどうかということが問題になる。

この中、電氣的特性の問題はその特性の要求条件満足の有無を抜取検査、管理図の利用などによつて管理して行くことが主問題であり、抜取箇所、判定基準の設定の問題など若干複雑な手順の適用を必要とし、二、三問題となる点もあるが、この方式一般に就いては既にほゞ明かにされているところであり、こゝではそれらの詳述は省略し、寿命試験の問題に就いてのみ述べることにする。

寿命に就いては、最近高信頼管、長寿命管に対する関心が高まつて来るに従い、その製品が要求の寿命水準に達しているかどうか、特に寿命保証を要求されているものに就いてはその要求を満足し得るものであるかどうかの確認が必要となり、相当注目を要する問題となつてゐる。

寿命試験及び寿命推定方式

一般に、寿命試験は結局その製品が正規の動作条件下でどの程度の期間満足な特性値を持続し得るかの試験で

本質的に破壊試験であるため、その製品ロットの全数に就いて試験することは不可能であり、実際には試験しようとするロットから適宜の大きさの試料を抜取つて2試験を実施し、その結果からその母集団が持つと考えられる寿命期間を推定するという方式がとられる。

寿命試験を行うに当つて先づ問題となることは、寿命をどう定義するか、即ち如何なる特性がどのような状態になつた時を以て寿命終結と判定するか、という問題であるが、こゝではこの問題自身に就いては深く触れず寿命の基準は既に定められてあるものとして話をすゝめることにする。

先づ、電子管の寿命推定に用いられている一般方式としては次のようなものがある。

(A) 試験しようとするロットから適宜大きさの試料をとり、その全数を寿命試験にかけてその試料全部の寿命が来るまで実験をつゞけ、そのデータから母集団の寿命値を推定する方法

(B) 適宜大きさの試料に就いて寿命試験を実施、その全数が寿命終結するのを待つことなしに、寿命の最も短いものから何箇かのデータによつて母集団寿

命の平均値及び標準偏差を推定する方法

(C) 許容限界推定方式 試料によつて得られた値からその母集団の寿命が指定の信頼度でどの位の許容区間にあるかを推定する方法。

(D) 代用推定法

(i) 寿命と或特性の相関を利用する方法

(ii) 寿命と或特性の函数関係を利用する方法

これらの中 (A), (B), (C) の三方式は何れも定格動作状態の条件で寿命試験を行い、その結果から平均寿命、その信頼限界などを推定する方式で、試験に相当長期間を必要とするため、特殊な比較試験その他特別の目的以外には余り用いられない。又 (B) によつて推定を行う場合には寿命の分布様式が正規分布であるか対数正規分布か、指数分布であるか或はその他の分布であるかを予め仮定する必要がある、実際の適用に当つて問題となる対象がどのような分布を持っているかを知ることは難しく、又生産技術水準の進展に伴い分布様式自体が変革して行くことも考えられるので検討の余地がある。(C) 方式は寿命保償管などの場合に問題とされるものであるが、この方式も亦所要時間の点で問題が残されることは上記の通りである。

現在電子管の寿命推定に最もよく用いられている方法は (D) の代用推定法で、具体的には陰極過熱加速寿命試験を挙げることが出来る。この試験方法は先づ試験しようとするロットから数箇づ 3~4 組の試料をとり、これらをそれぞれ定格動作状態よりも高い陰極温度条件数段階に分けて動作させ、それぞれの条件に就いて得られた寿命平均値を利用し、更に既に経験的に知られているところの陰極絶対温度逆数と寿命時間対数との一次直線関係を用いて、最小自乗法による直線のあてはめによつて定格動作条件に於ける寿命値を推定しようとする方法である。この方法は各所に於ける実験結果でかなり満足すべき結果を与えるものとして一般に認められているが、たゞ各温度条件に於ける測定的のパラッキが有効に利用されておらず、定格動作状態に於ける寿命の信頼限界を知ることが出来ないという欠点を持つており、この点に就いては更に有効な推計学的取扱いに就いて検討を要するものと思われる。

たゞしこのような場合に測定点を等間隔 $t_0, t_0+h, \dots, t_0+(k-1)h$ に選び、それらの点で相対精度 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ の互に独立な測定値 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k$ が得られた場合には任意の点 t に於ける母平均 m_t の推定値は

$$L(m_t) = \sum_{v=1}^k C_v \bar{x}_v$$

$$\text{但し } C_v = \frac{1}{2\sigma^2} \frac{1}{\mu_v} \left\{ \lambda_0 + \lambda_1 \left(\frac{2v-k-1}{2} h \right) + \dots \right. \\ \left. \dots + \lambda_s \left(\frac{2v-k-1}{2} h \right)^s \right\}$$

$$\text{又 } \frac{1}{2} \sum_{j=0}^s \left\{ \sum_{v=1}^k \left(\frac{2v-k-1}{2} h \right)^{j+i} \right\} \lambda_j = t^i$$

であらわされることとなり、この式を用いて寿命推定値を得ることが出来る。

この方式を実際に適用するに当つて注意しなければならないことは、上記の直線関係がどの程度の温度範囲まで完全に成立するかを確かめなければならないことで、この問題に就いてはまだはつきりした結論は得られておらず、陰極温度がある程度以上に低い場合は逆に再び寿命が短くなる性質を持つことは理論的に十分考えられることであり、当然適用を許容し得る範囲があるものと思われる。

[VI] 結 言

以上電子管工業に於ける統計的品質管理に関する最近の諸問題若干に就いて述べたが、こゝに挙げた以外にも勿論なお多くの解決すべき問題が残されていることはいうまでもない。こゝではこれらはすべて省略してしまつたが、当初にも述べたように、電子管工業は他の諸工業と異なるいくつかの特殊面を有しており、特に設計以降あらゆる工程に亘つて統計的手法に基づく品質管理が重要視される所以で、今後益々その応用面が広くなつて行くものと思われるし、又発展させて行く必要があると考えられる。

この稿を終るに当り、統計的品質管理の実際への応用の問題に就いて絶えず有益な御指導をいたゞいている日立製作所茂原工場設計部長宮城精吉博士に厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) E.V. Space: Convention Record of the IRE, 1953
- (2) H.F. Dodge, B.J. Kinsburg and M.K. Kruger: Bell Syst. Techn. Journ. 32 943 (1953)
- (3) 田口玄一: 推計学による寿命試験と推定法(科学新興社)

なお真空管の寿命試験に就いて別の取扱いをしたものとして次の報告がある。

- (4) 高田, 島田: 電通学誌 昭 26-6, 昭 27-12