

受 信 管 の 信 頼 性

The Reliability of the Receiving Tube

畑 捨 三* 村 田 良 雄* 伊 藤 久*

Sutezo Hata

Yoshio Murata

Hisashi Ito

内 容 梗 概

電子装置の信頼性向上には電子管の信頼性を向上させることが必要である。しかし装置全体の信頼度を高めるためには装置の並列使用や、最大定格を起さない使用方法、目的にそった真空管の選択が必要である。寿命に関する信頼性を高めるためには寿命の分布形をより良い形—即正規分布形—にすることが必要で、これに対処する方法がとられつつある。

1. 緒 言

近時電子管およびこれに関連する技術の進歩は、めざましく、通信用、工業用、軍用および娯楽用の電子装置の種類と数量は、膨大なものとなってきている。

これらの装置の信頼度は、その構成部品である電子管の信頼度に負うところがきわめて大きい。

特に、航空機の自動操縦装置のように、その故障がただちに人命に関係するもの、あるいは大形電子計算機のように数千本の電子管を使用する装置などの例でもわかるように、電子装置の使用目的が重大であるとき、あるいは電子管の使用本数が多いときは、電子管に要求される信頼度は、著しく高くなる。

そこで電子管の信頼度に関連して、寿命、使用方法について概観することとする。

2. 信頼度について

電子機器の信頼度の問題は、軍用および航空用電子機器を中心として各国で真剣にとり上げられている問題である。これは第二次大戦中、電子機器の故障が予想外に多く、その修理保守に忙殺されたという苦い経験に基いている。たとえばアメリカでは信頼度向上を目指して、いくつかの協同研究——たとえば Ad Hoc Group, AGET, Vitro Study, ARINC Study, AGREE, IRE, PGRQC. など——が行われた。

その結果“信頼度の概念”，“信頼度を損う原因”，“信頼度の高い機器の設計方法”，“信頼度に対する外圍条件，電氣的条件の影響”，“機器の保守”，“部品の信頼度向上方法”などの各分野について、すぐれた研究がまとめあげられつつある⁽¹⁾⁻⁽³⁾。

これらの報告で述べられている信頼度という言葉は次のように定義されている。

一般に信頼度とは“部品，機器または系統が，与えられた環境——温度，湿度，振動などの外圍条件および使用頻度，保守方法などを含めた広義の環境——において

所定の時間，所定の機能を確実に発揮する確率”をいう。

ここで注意すべきは信頼度が高いということは、必ずしも寿命が非常に長いことを意味しない。つまりある機器が要求する期間内に故障がきわめて少ないということである。

電子管の信頼度を定量的に表現するには平均寿命，平均寿命率，信頼度因子，不良当り真空管寿命，平均消耗率などの尺度が提案されているが，初めの二者が主として使用されている。具体的には4に述べるような寿命の分布が，電子管の信頼度を直接表現していることになる。

次に，機器の信頼度と部品の信頼度との関係について述べる。

いくつかの部品からなる機器がある場合，これらの部品の構成方法として次の三つが考えられる。

(i) 直列構成……部品が機能的な意味で直列につながっており，どの一つの部品の故障もその機器の故障の原因となるもの。

(ii) 並列構成……部品が並列につながっており，一つの部品の故障が装置の故障にならないもの。

(iii) 直並列構成……(i)，(ii)の組合せたもの。これらのおのおのを図式に表示すると第1図となる。

個々の部品の信頼度を $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ ，装置全体の信頼度を P_0 とすると，上記三つの場合におけるそれぞれの関係は次のとおりとなる。

(i) 直列構成 (第1図 a)

$$P_0 = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n = \prod_{i=1}^n p_i \dots \dots \dots (1)$$

$p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n = P$ のとき

$$P_0 = P^n \dots \dots \dots (2)$$

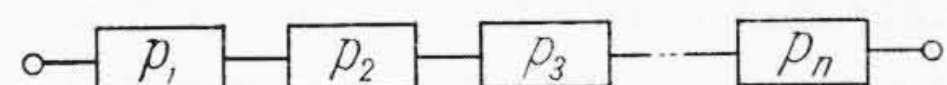
(ii) 並列構成 (第1図 b)

$$P_0 = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - p_i) \dots \dots \dots (3)$$

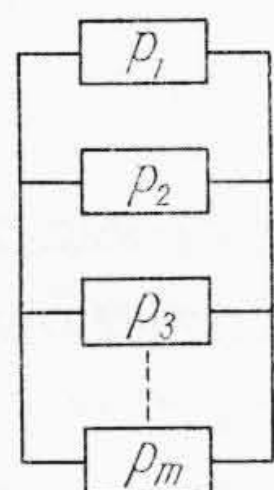
$p_1 = p_2 = \dots = p_m = p$ のとき

$$P_0 = 1 - (1 - p)^m \dots \dots \dots (4)$$

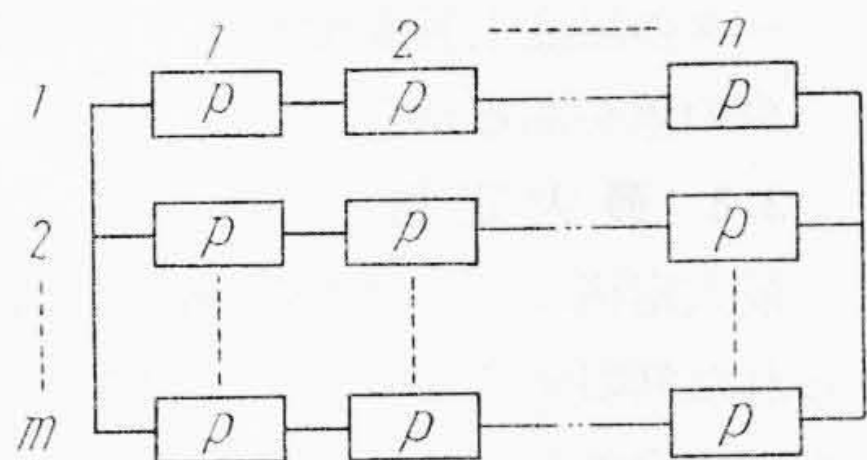
* 日立製作所茂原工場



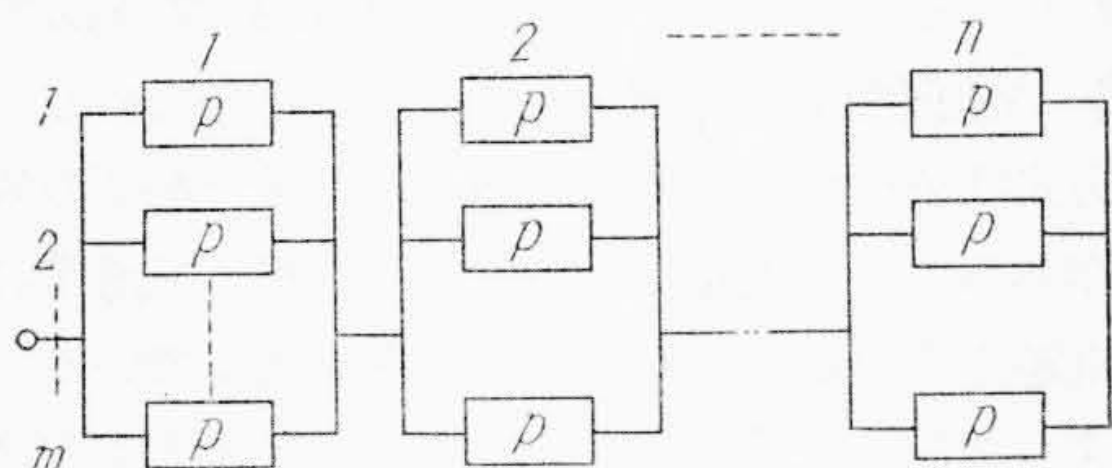
(a)



(b)

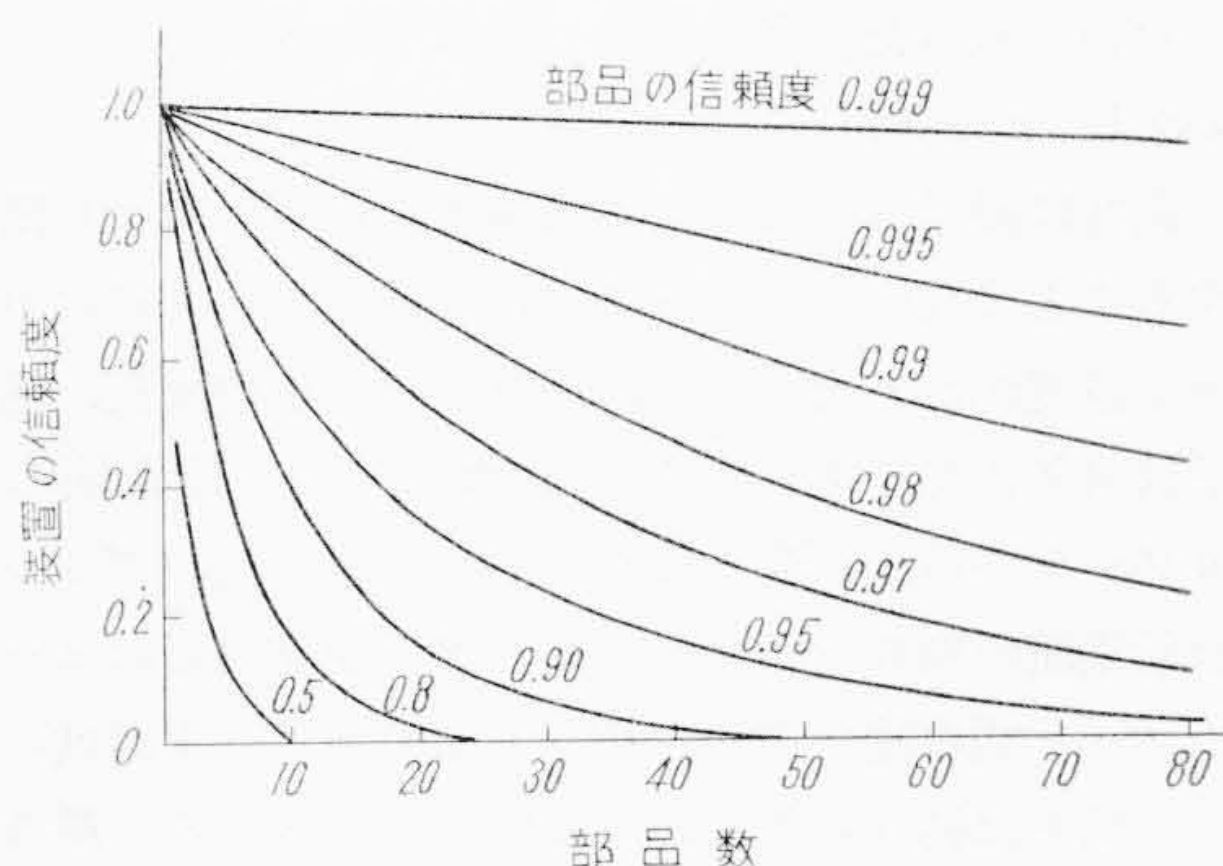


(c)



(d)

第1図 部品構成図



第2図 直列構成の場合の部品と装置の信頼度の関係

(iii) 直並列構成 (第1図 c)

$$P_0 = 1 - (1 - p^n)^m \quad (5)$$

(第1図 d)

$$P_0 = [1 - (1 - p)^m]^n \quad (6)$$

これらの式により、ある機器の信頼度が要求されたとき、これに使用する部品の信頼度をいかにすべきかがわかる。直列構成の場合の両者の関係を図示すると第2図に示すとおりとなる。

3. 使用方法と信頼度

受信管の信頼性は製造方法、検査方法などにより左右されるが一方適切な使用方法、適切な品種の選択もたいせつなことである。

3.1 品種の選択

機器全体の信頼度を高めるためにはどのような品種を選んだらよいかということは簡単ではない。一般に機械的構造の丈夫なものは電気的特性はある意味ではすぐれていない。たとえば高周波帯で高い感度を得るためには、電極の大きさが小さく、相互コンダクタンスが高いことが望ましい、この結果電極間隔は小さなものでは50ミクロン位、またグリッドに用いる線の太さは8ミクロン位になってしまう。またカソードの電子流密度は1cm²あたり100mA以上となり、陰極温度を高く設計する必要がでてくる。このためカソードからの蒸発物が絶縁物に付着することなどにより、絶縁不良をおこしたり、あるいは中間層抵抗層の成長、電子放射劣化を促進したりする。また電極の小形化はカソードを小形にし、したがってその中へ入れるヒータも細い線を使用することになり、ヒータ断線とか、ヒータ、カソード間短絡とかの事故を発生しやすくする。

実際にどういう種類の真空管が事故が多いか、米国で軍用無線機について統計をとった結果があるが第1表のようなものである⁽¹⁾。この調査でわかることは整流管は構造は簡単であるが信頼性が低いということ。また真空管を形づくるのに用いられる部品が多いほど事故が多いということである。このことから複合管は機器の小形化には役だつが、信頼性の上からは好ましくないものである。

3.2 受信管の使用方法

真空管特性のばらつき

無線機器の事故のうち真空管によるものを真空管使用個数の圧倒的に多い米国での統計でみると、全事故の30~50%が真空管によるものと報告され⁽¹⁾、テレビジョン受像機についてもほぼ同様の値が示されている。それゆえ真空管の交換ということは当然考えなければならないことである。ここでまず第一の信頼性—すなわち、機器に使用できるかどうかということが問題になる。真空管は同一の形名、同一の製造会社のものでも個々の品の

第1表 受信管事故発生状況
(米国軍用機器の統計⁽¹⁾)

品 種	使用 数	不 良 数	不 良 率
整 流 管	3,858	350	9.1
双 3 極 管	9,077	618	6.8
5 極 管	15,413	413	2.7
双 2 極 管	7,511	125	1.7

特性に多少のばらつきがあることをまぬがれない。規格はその特性を比較的少数の特性測定点で規定するのが通例で、それだけですべての複雑な特性を推定するには困難がある。また真空管製作者はこのばらつきを少なくするように、製作面、試験方法などにつきいろいろ努力しているが、複雑な多種多様な使用方法に対してまったく同じ性質を示すことは材料の相違、会社間の製作方法の差などにより必ずしも満足な状態になっていない。それで回路の設計にあたっては、これら特性のばらつきが圧縮されるような方法が望ましいし、また回路の検討に際してもできるだけ多くの真空管、機器についてあたることが望ましい。特に新製品を使用する場合には電子管製造者と密接に連絡することとし、初期のわずかな試料のみで回路の決定をしないようにしなければならない。回路設定にあたって共通的に推奨できることは、

1. 特に相互コンダクタンスの高い球ではコントロールグリッドバイアスは十分な値を自己バイアスで与えること
2. 陽極、スクリーングリッド回路にはできるだけ大きな直列抵抗を用いること

である。

また好ましくない使用方法としては次のことが上げられる⁽⁴⁾。

(1) 余分のソケット端子の使用

回路の配線の中継具として真空管ピンの“NC”または“IC”としてある所を利用することは、特性の変動、雑音の発生のおそれがあるばかりでなく、特に“IC”の場合このピンが有効電極に接続されていることがあるのでセットの動作不能をまねくことがある。

(2) 公表されていない特性を用いること

たとえば普通の 5 極管の第 3 グリッド特性のように公表されていない特性は製造会社により、時期により非常に異なることがあるのでこの特性を利用することは好ましくない。

(3) ヒータカソード間を同調回路の一部として用いること

ヒータとカソードの間の絶縁は普通ヒータの表面にアルミナの被覆をして果している。この部分は真空管の中でも最高温度である 1,100°C 位になる所で高周波特性の変動、熱変形によるカソードとの相対位置変化、衝撃による変化を受けやすく、周波数特性の変動、ハム、マイクロホニック雑音の発生源となりやすい。

(4) ヒータの直列接続

定電流用に設計された電子管のほかはヒータを直列に接続して使用してはならない。異なる形式のヒータを直列に接続した場合ヒータの温度上昇の差により、

スイッチを入れた初期においてヒータが高すぎる温度になることがある。また安定化後もヒータ端子間の電圧が規正值にならないことがある。これは直列接続方式用に作られた真空管とそれ以外のものとの間にはヒータの温度上昇速度やヒータ電流の許容幅に対して多少の差があるからである。

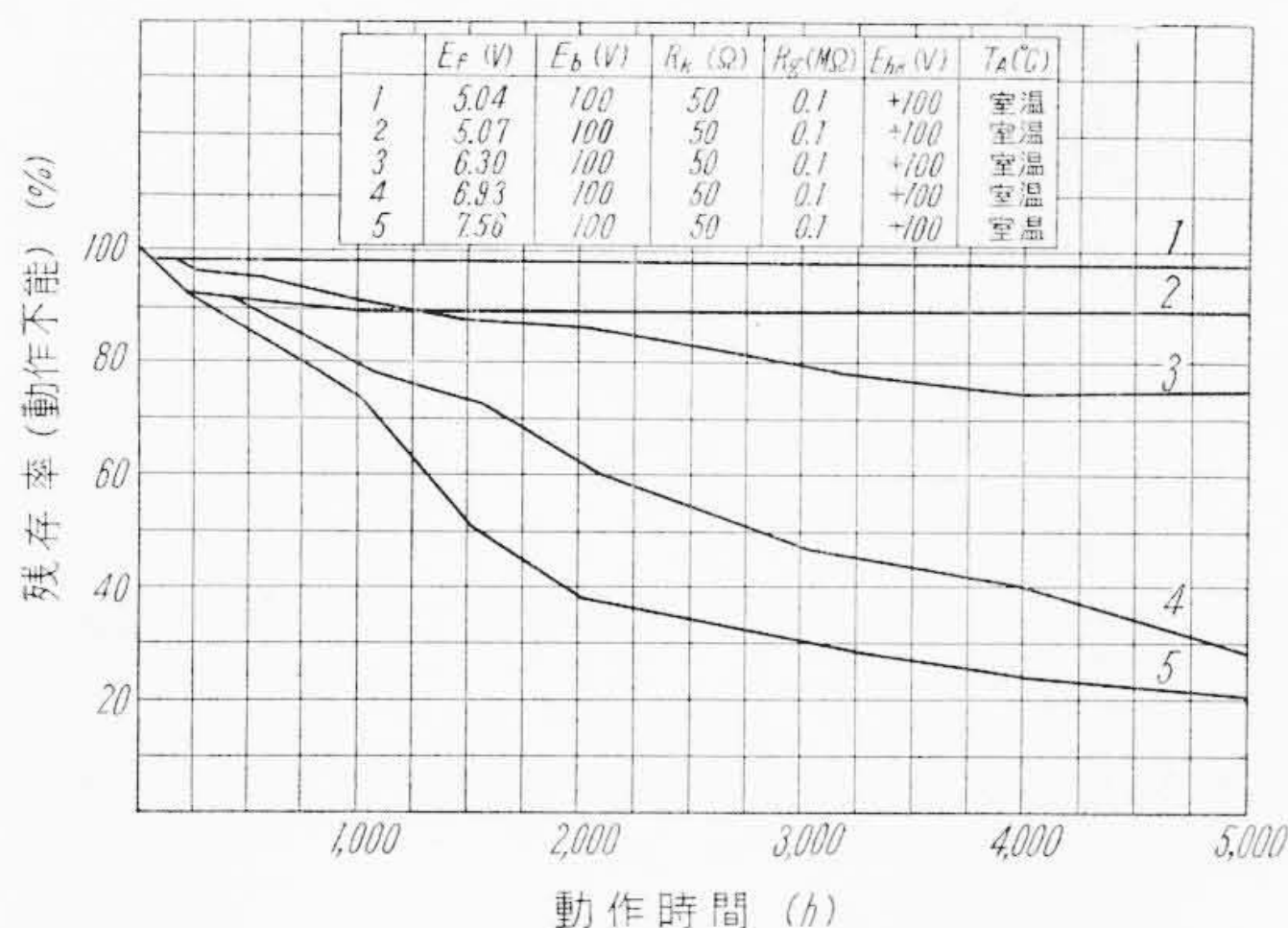
3.3 最大定格

最大定格はその真空管が満足な動作を果すために設けられた制限値であり、これをこした使用は真空管の動作を不安定にし、特性の劣化を早めたり、はなはだしい時は断線、断線などを生じ機器を破壊してしまうことさえある。最大定格の表現方式には現在わが国で用いられている絶対最大方式、設計中心方式と、近時提唱され始めた設計最大方式とがある。絶対最大方式はいかなる場合でもこれをこえてはならない最大値で表わす方法で CES 規格 (電子機械工業会標準) に用いられている。設計中心方式は公称値の電源電圧の時に電子管がこの規格内で動作することを規定している。したがって通常許容される電源電圧の変動に対する安全率を含んでいる。これはカタログなどに用いられている。設計最大方式は各真空管の特性ばらつきに対する安全率のみを含んだもので、まだ用いられていないが近い将来はこれに移行するものと思われる。

これら最大定格は守られなければならないが、電子管の使用条件により電子管の寿命がどのように変わるかを米国において調べた例⁽³⁾を主として以下に説明する。

3.3.1 ヒータ電圧

良好に設計されたヒータは少々の過電圧により断線することはないが、ヒータ電圧が過大の場合にはカソード温度が高くなりすぎ、中間層抵抗層の成長、熱電子放射劣化が早められる、またカソードの異常高温は、カソードからの蒸発を促進させ、絶縁不良、グリッド放射電流の増加を招く一方ヒータの異常高温はヒータカソード間の絶縁破壊を招く。またカソード温度の著しい低下は特性の劣化、不安定さを増大する。第 3 図は種々のヒータ電圧により寿命試験を行った結果であるが⁽³⁾、この例ではヒータ電圧は低い方がより長い寿命が得られている。ヒータの規定電圧は、この寿命と、特性の安定性により決定されるもので規定値より低くして使用することは電子管製作者と協議して行う必要がある。設計中心方式で最大定格が規定してある場合ヒータまたはフィラメントの許容電圧変動は、交流商用電源用の場合 $\pm 7.5\%$ に、自動車などの蓄電池より用いるように設計された真空管の場合は電池一個あたり 1.8 V より 2.5 V までの変動が許されている。しかしどうしても異常電圧変動が避けられない場合には、ヒータ電圧は低い方への変動を大きくとるこ



第3図 ヒータ電圧を変えた時の 5670 寿命中の残存率 (動作不能) (米国における一例)⁽³⁾

とが寿命の点からは安全である。

3.3.2 グリッド回路, グリッド電圧

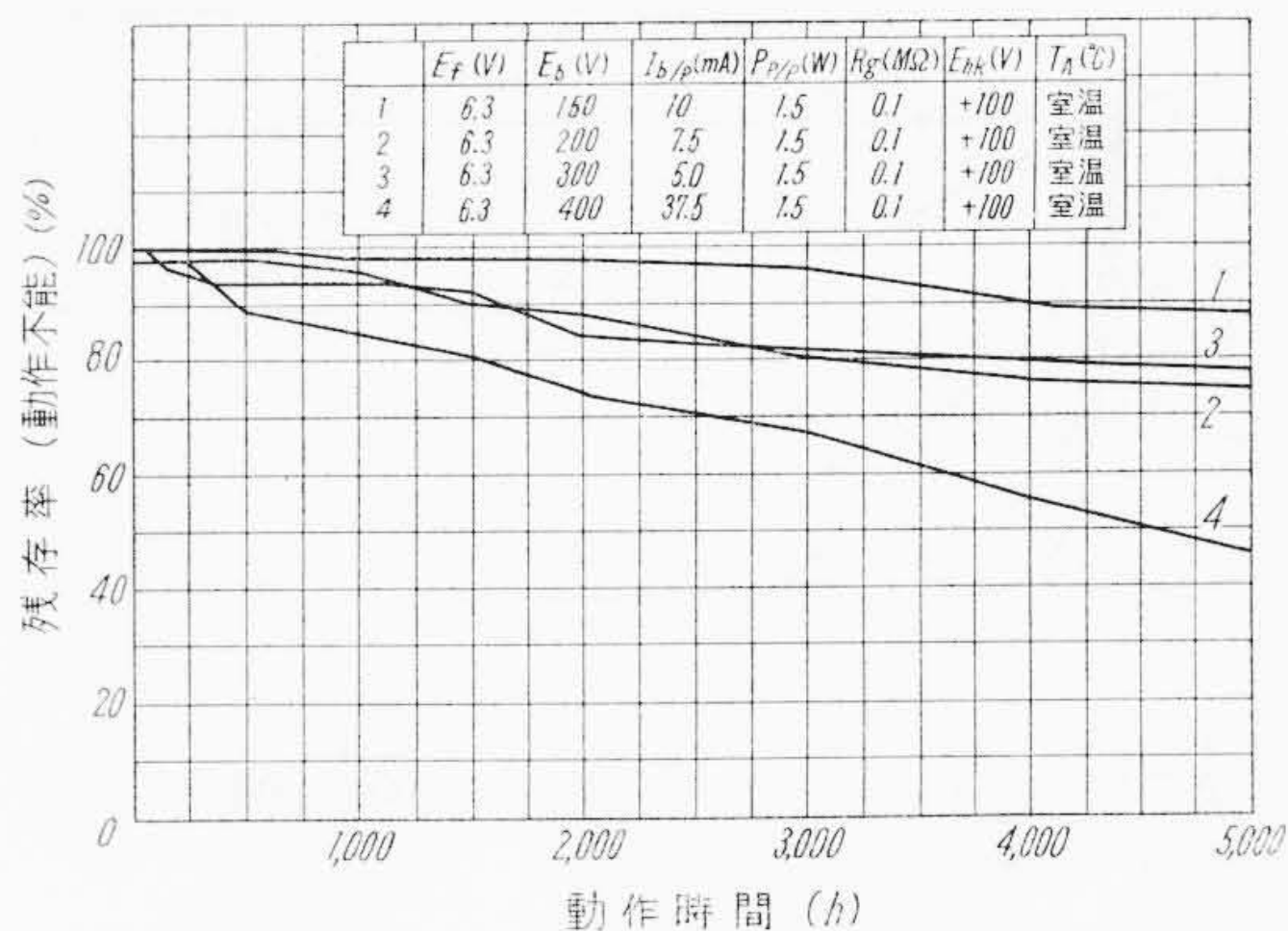
受信管のグリッドには普通負の電圧がかかっており, ほとんどグリッド電流は流れないが, 精密に言えば, よく注意して製造された真空管でもガス電流グリッド放射電流, 漏洩電流および初速度電流が流れている。これらのため, グリッドの入力抵抗は低い値になってしまうことがある。これらの電流はグリッド抵抗が高く, グリッドバイアス電圧が低い時に生じやすく, 入力抵抗を高くするために, グリッド回路抵抗を高く取ることがむだになることがしばしばある。一般に真空管の使用中にはグリッド放射電流, 漏洩電流は増加の傾向にあり, またグリッドとカソード間のコンタクトポテンシャルは 0.4V 位の変化をする。そのため浅いバイアス電圧, 大きなグリッド抵抗は特性変化率を大きくし, また加速度的に真空管を劣化させてしまうおそれがある。

3.3.3 陽極電圧電流

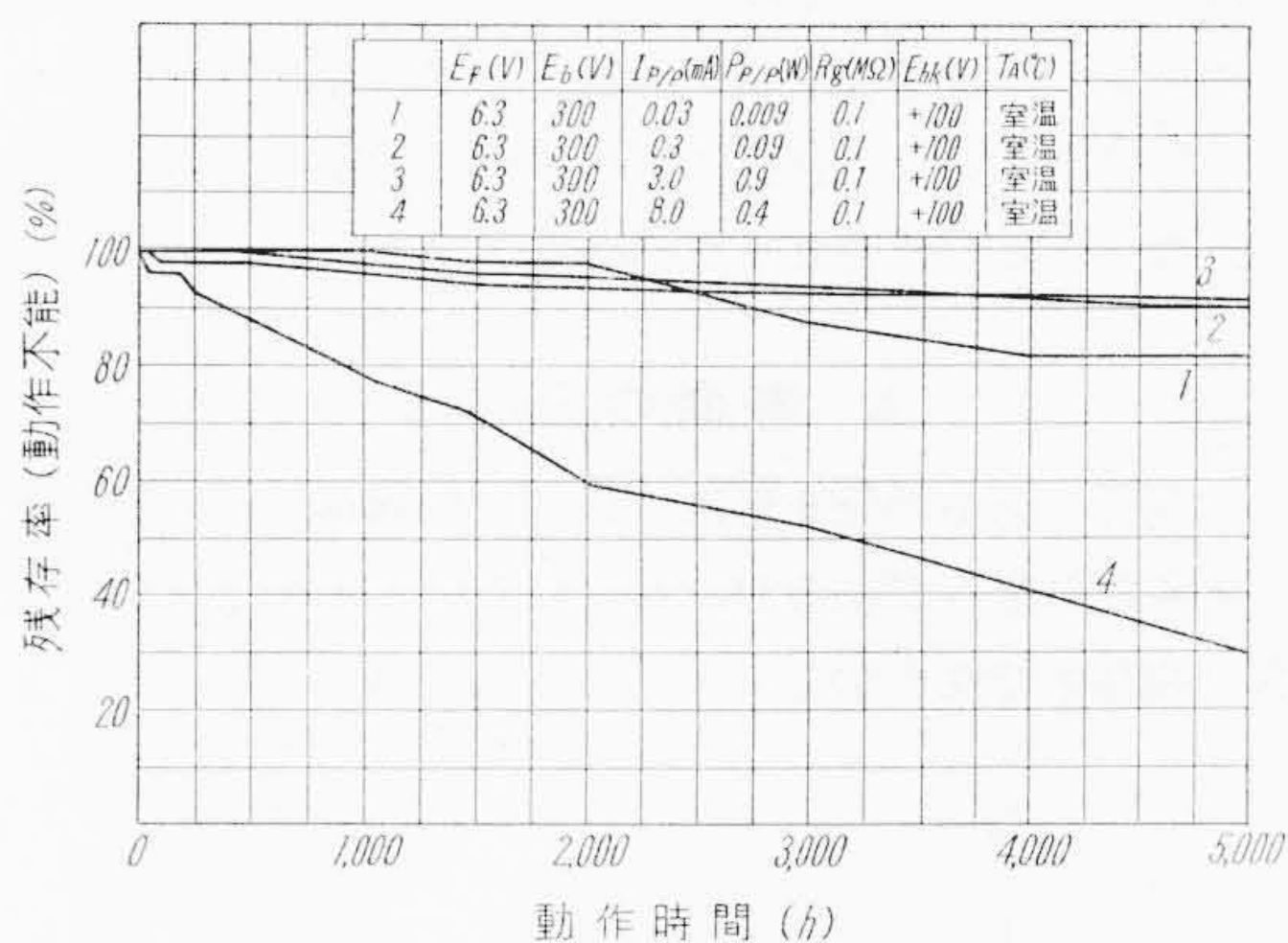
陽極電圧を高くかけすぎると陽極損失を高め陽極の温度を上昇させ, 陽極からのガス放出を多くしたり, バルブ温度をも上昇させる, また陽極, バルブなどに高速度の電子衝撃をあたえることになり, ガス放出の増加, 局部加熱などを生ずる。陽極電流の増加は陽極損失を大きくすることばかりでなく, イオン電流の増加, カソードへの荷重増加のため寿命を害する。これらの因子が寿命にどのように関連するかを第4, 5図に示す⁽³⁾。

3.3.4 管壁温度

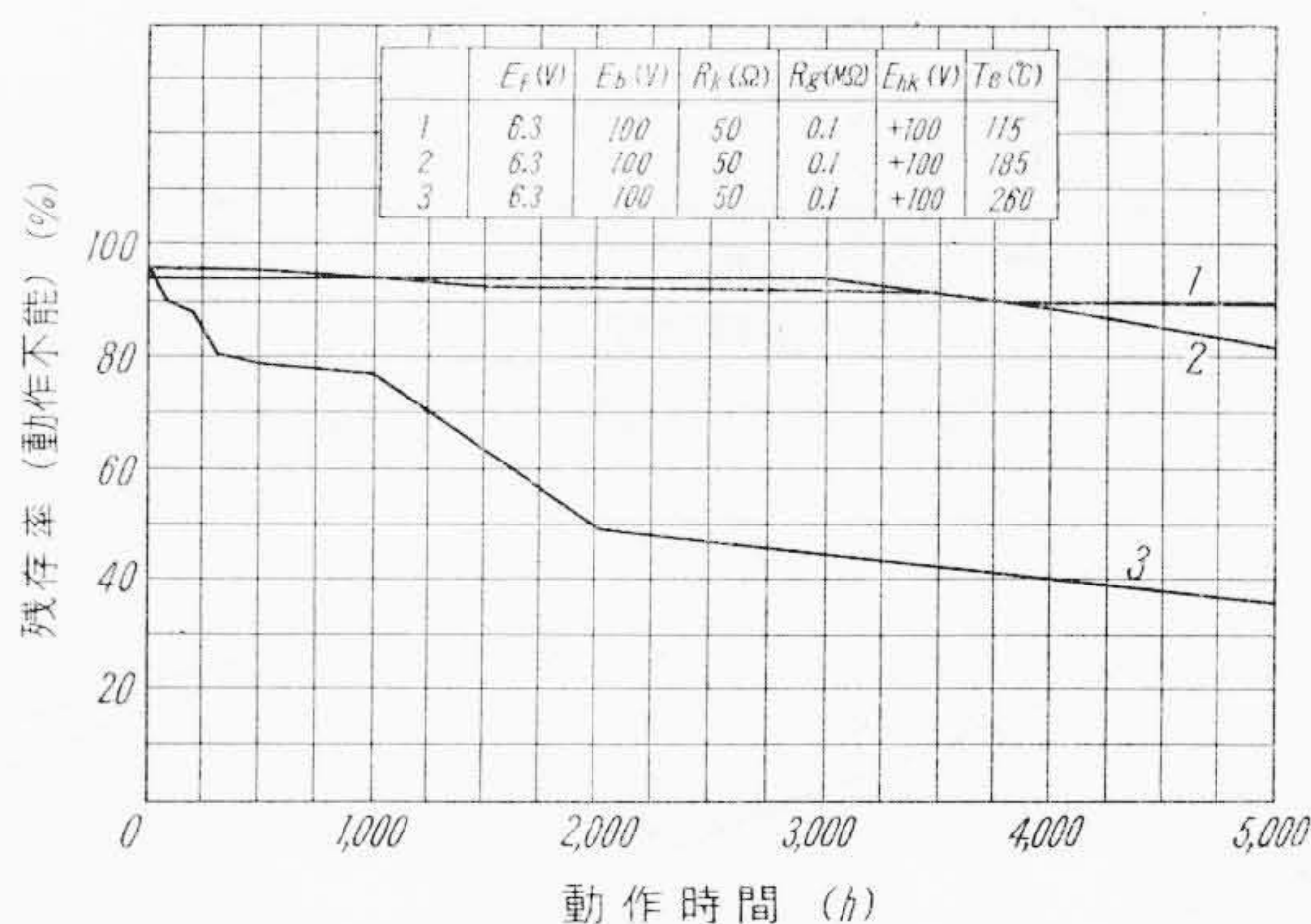
管壁温度が寿命に及ぼす影響はきわめて大きくまた管壁温度は, 通風, 使用位置, 回路条件, 電源電圧, シールドケースの有無, 種類, 外気気圧, 外気温度に左右される。まず管壁温度の増加が寿命にどのように関係するかの例は第6図および第7図に示すようなも



第4図 陽極電圧, 電流を変えた時の 5670 寿命中の残存率 (動作不能) (米国における一例)⁽³⁾

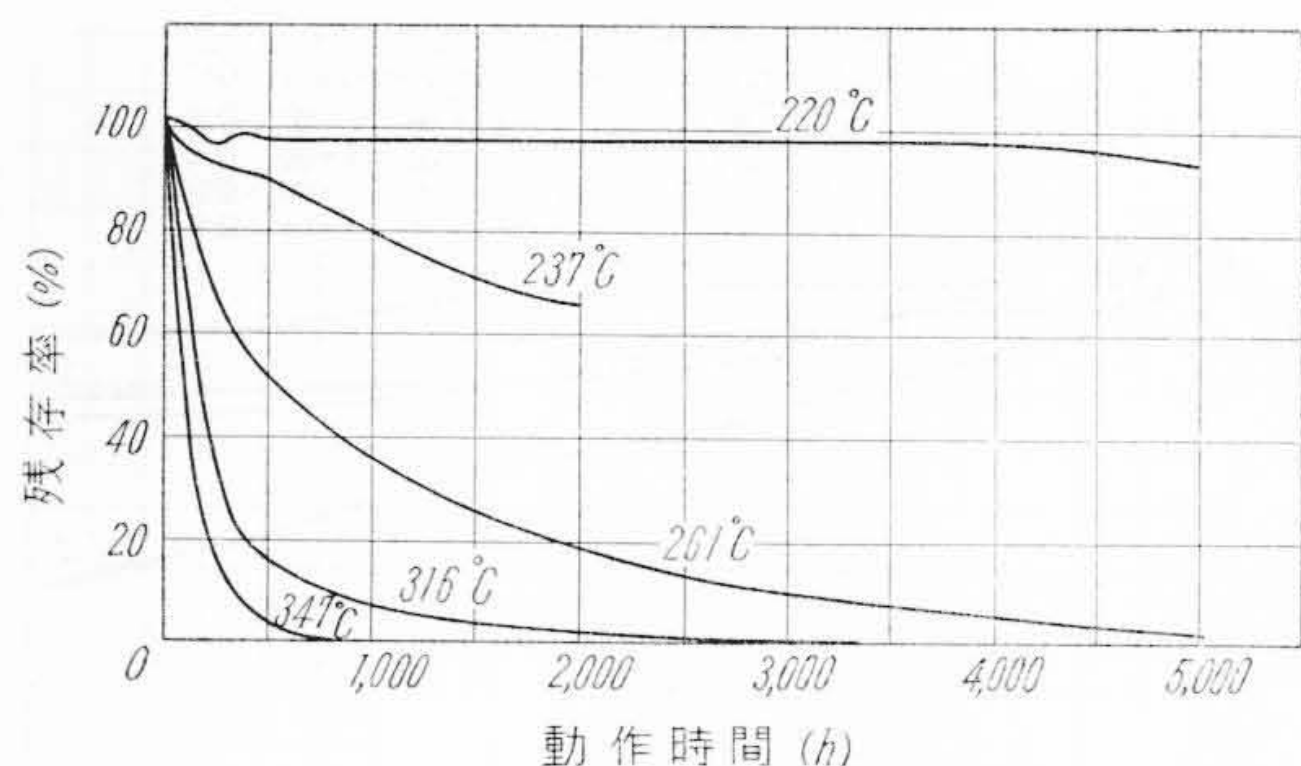


第5図 陽極電流, 陽極損失を変えた時の 5670 寿命中の残存率 (動作不能) (米国における一例)⁽³⁾



第6図 管壁温度を変えた時の 5670 寿命中の残存率 (動作不能) (米国における一例)⁽³⁾

のである。このように温度 250 $^{\circ}$ C より上では急激に寿命が短くなるものである。それで使用する機器が航空機用のような場合, 外気気圧が低下するが, 気圧の低下は冷却効果を減ずるので特に注意を要する。

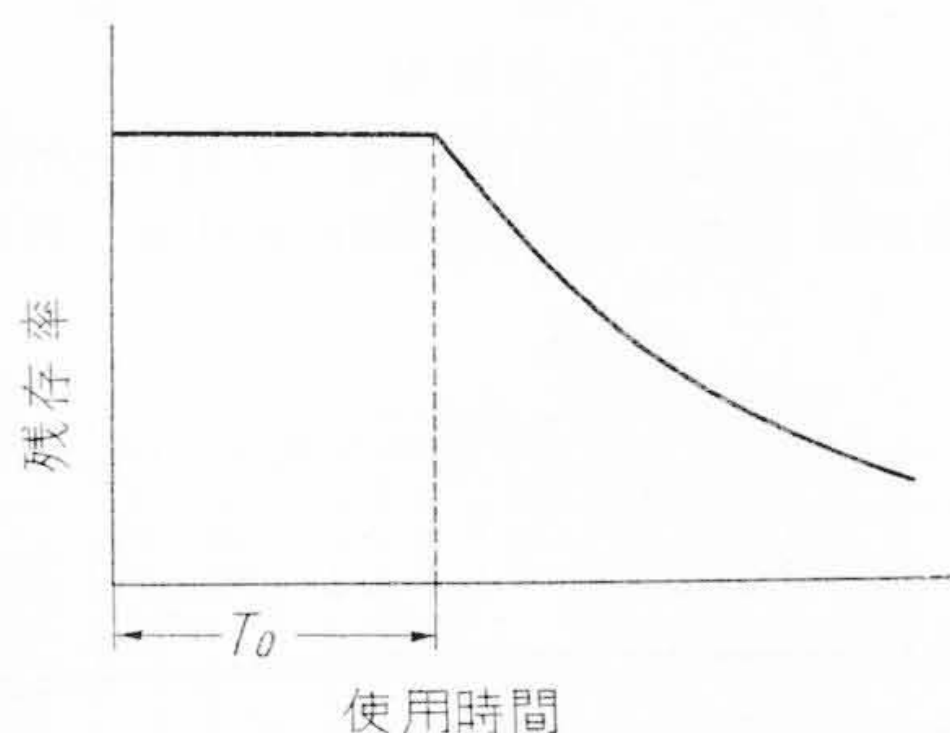


第7図 管壁温度を変えた時の 6005/6 AQ 5 W 寿命中の残存率

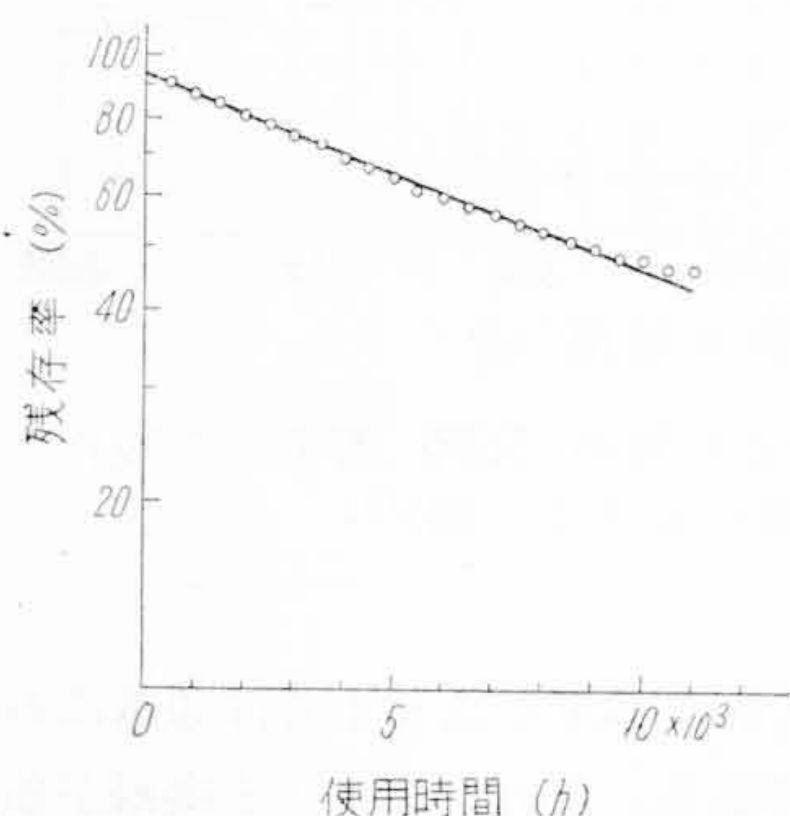
管壁温度を定格値以下に維持するための良い手段は通風が一様に行われるようにすることである。空気自身が冷いことよりも空気がよく流通することがたいせつである。電子管を密閉容器内で用いなければならない時は、その使用状態において管壁温度が規格値をこえないことを確認しておく必要がある。

4. 寿命の分布形

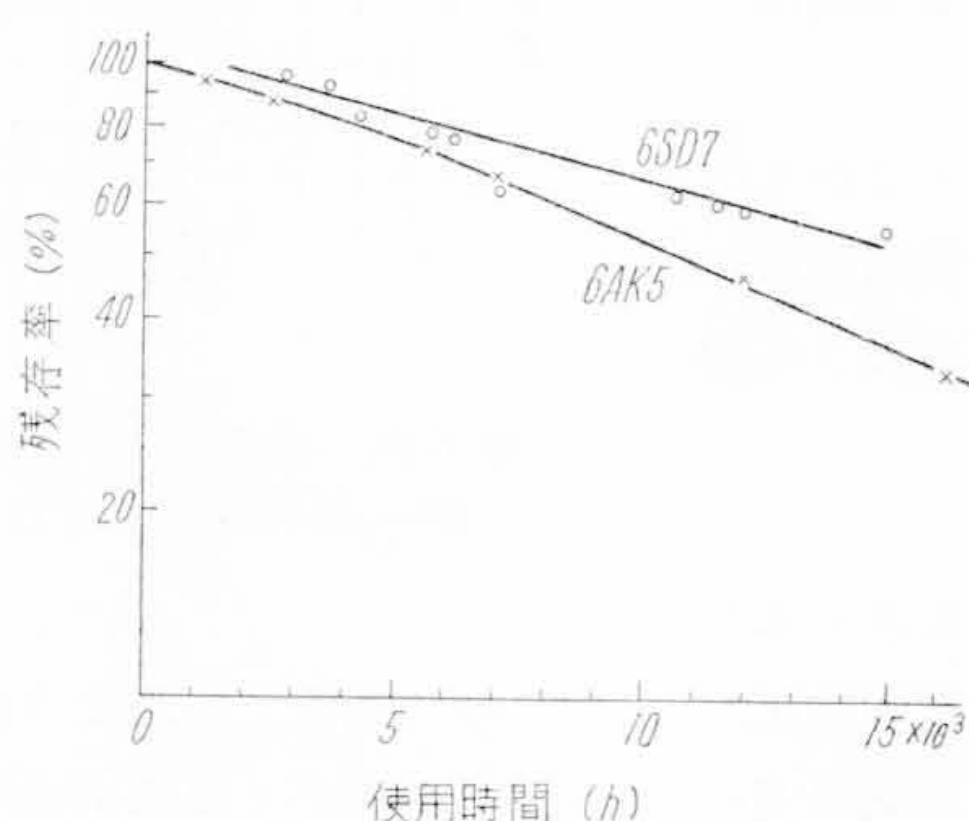
真空管の寿命の分布形については Gannett 氏の報告⁽⁵⁾以来多数の報告があるが、それらのほとんどは指数函数的な残存率特性を示している。これは事故の発生がま



第8図 一般の指数形分布寿命特性

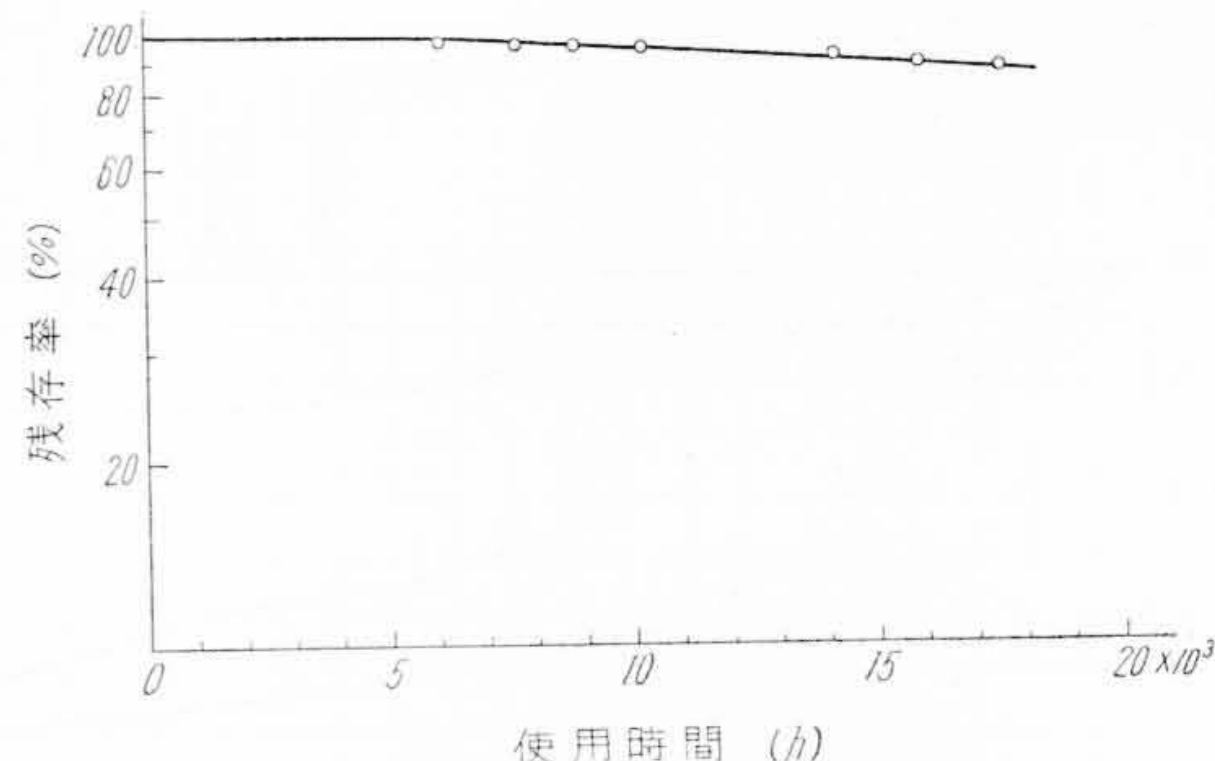


(a) CZ-501D の残存特性の一例



(b) 各種通信用受信管の残存特性の一例

第9図 通信用受信管の残存率特性



第10図 有線通信用真空管 19 M-R 10 の残存率特性の一例

たく偶然に起こることを意味する。しかし高田・島田両氏も指摘しているように⁽⁶⁾、指数分布形の場合でも、一般に使用開始後ある時間 T_0 に至るまでは不良の発生はきわめて少なく、 T_0 以後指数函数的経過をたどるとした方が実情をよりよく表わすようである(第8図)。ただ問題は、 T_0 が製作ロットによって必ずしも一定でないことで、今まで多く報告された例ではむしろ T_0 がほとんど 0 に近い場合が多い。一、二の例を第9図に示す⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

将来、製造技術の進歩とともに寿命の分布形は次第に正規分布形に移行するのであろうが、その過程では結局上記の T_0 が次第に大きくなるという形をたどるものと思われる。第10図に示したのは最近広く用いられ始めたミニアチュア形の有線通信用真空管 19 M-R 10 の各地電々公社中継所における使用実績について筆者らが調査した一例である。第9図と比較すれば寿命的に著しい改善がみられ、上記の推論を裏づける一つのデーターと考えてよいであろう。

これに関連して指摘したいことは、実験的に行う寿命試験では、各試料の寿命が比較的そろった値を示す場合が多いという事実である。これは実験室で行う寿命試験の場合は通常一定の直流電圧を印加するのみであり、その変動もきわめて少なく、いわば理想的な実験だからで

あろう。これに反して、使用現場から得られるのは、いろいろな用途に異なった条件で使用されている異なった製造ロットを含む多数の真空管を対象とし、その上寿命終止点に相当する特性値も使用場所によってまちまちなものを総合したデーターであるから、かりに真空管の寿命が実験室的な意味でよくそろっていても、なお結果として指数分布形に近くなる傾向があるものと思われる。

5. 寿命と信頼性

前節で述べたように、真空管の寿命分布形は少なくとも現在までのところ指数函数形の場合が大部分である。これは、事故の発生がほとんど偶然に起こることを示すもので、真空管を使用した装置の信頼性という面から考えると、はたは残念なことである。

しかしたとえばヒータ断線やガラス事故などの機械的故障は、比較的初期に起こることが統計的に知られているので^{(7)~(9)}、これら初期の寿命不良を除去すれば真空管の寿命はかなり改善できる。つまり第8図の T_0 を大きくすることが可能である。高信頼管などにはこの目的で特別の寿命試験が規定されているし、海底ケーブルに組込む増幅器に使用される真空管のように数千時間に及ぶエージングを行って、この種の不良が出つくしてしまうようにしている例もある⁽¹⁰⁾。

一方、真空管を使用する装置の側でも信頼性を高めるためにいろいろの工夫がなされている。たとえば予備機を備えて、事故の場合に切り替える方式などは広く採用されている。また予備機に切り替えるのが困難な場合などには、あらかじめ同一の回路を2組設けて並列に運転しておき、いずれか一方さえ動作していれば装置としての機能を満足するようにしたものがある。たとえば海底ケーブル組込みの中継増幅器などに実用されている例がある⁽¹⁰⁾。この場合、一中継ごとに3段増幅器を2組組合せて用い全体で14中継84本の真空管を使用しているが、このうちランダムに5本の真空管が不良になっても、なお系統全体として機能を果たす確率が約50%ある。単純な一列の中継方式を用いれば、たとえ1本でも真空管が不良になれば、必ず全体が機能を失うことに比べれば著しい信頼性の向上である。

6. 寿命の予知と保守

新しい真空管の寿命を予知することは現在のところ不可能である。真空管メーカーで行う寿命試験も、製造工程上大きな誤りのないことを確認する程度にとどまるのが普通である。もっとも前述の海底ケーブルに組込む増幅器に使用される真空管のように、寿命に対する信頼性が極端に強く要求される場合には、数千時間におよぶエージングの途中の特性変動を記録して今後の予測の資料としているが、このような方法が一般の真空管に適用できないのは明らかである。

一定時間経過した真空管は良、不良にかかわらずいっせいに新品と交換するという考え方がある。真空管の寿命の分布形が指数形である場合には、残存真空管の平均寿命は初期と同一なので、全数交換は経済的に労多くして効果が少ない。第8図の T_0 が大きくなると全数交換

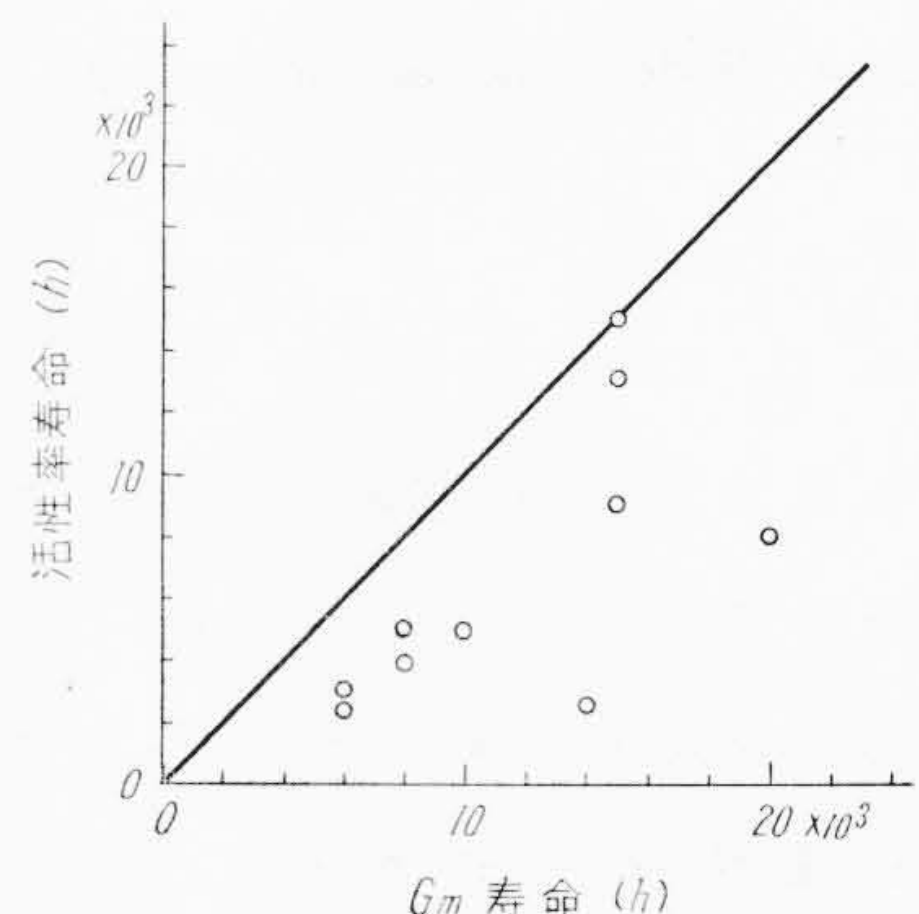
も有効になるが、 T_0 が比較的小さい場合が多い現状では、短時間で全数交換をしないとあまり意味がないので、軍用そのほか特殊な用途でない、経済的にも困難がある。ロットによる寿命のばらつきが大きい場合には、寿命特性の未知な新しいロットを使用するよりも、ある程度実績のわかった真空管をそのまま使う方がかえって信頼性の高い場合もあるので、全数交換方式の採用には十分な検討が必要である。なお各種の寿命分布形の場合に、残存真空管の今後の寿命を理論的に扱った高田・島田両氏の論文がある⁽¹¹⁾。

ヒータ加熱電力を一定の割合で減少した場合の相互コンダクタンスの低下の割合（これを陰極活性率という）を測定すると、ある程度寿命の予知が可能である。相互コンダクタンスが一定値まで低下する時間（これを G_m 寿命とよぶ）と、陰極活性率が一定値まで低下する時間（活性率寿命と呼ぶ）の間には必ずしもよい相関はないが、活性率寿命の方が常に短い傾向があるといわれている。第11図に筆者らが有線通信用真空管 CZ-501 D について行った実験の結果を示す。活性率寿命によって真空管を保守すれば、相互コンダクタンスの劣化による障害のかなりの部分は予防できるが、図で明らかなように安全側をとりすぎて、本来ならばまだまだ使用できる真空管をむだに捨ててしまうきらいがある。

注意しなければならないのは、用途によって真空管の寿命を左右する特性が異なることである。そのため、寿命試験でも単に相互コンダクタンスだけでなく、各種の特性を測定して広い意味で寿命を保証することが行われる。

7. 結 言

電子装置の発達はめざましいものがあり、電子管の使用量は増加の一途をたどっている。以上受信管の信頼性またそれを左右する因子がどのようなものであるかを述べたが、電子装置の信頼性は部品特に真空管の信頼性に負



第11図 相互コンダクタンス寿命と活性率寿命の関係

うところが大きい、真空管の信頼性を高めるためには真空管そのものの改良とともに、真空管の本質に従ったより適切な使用方法など、機器設計者と真空管技術者の協力にまつところが大きい。本稿が機器の信頼性を高めるのにいささかでも寄興するところがあれば筆者らの幸とするところである。

参 考 文 献

- (1) Keith Henney 編 Reliability Factors for Ground Electronic Equipment (1956)
- (2) Proc fourth symposium on reliability & quality control (1958)
- (3) IRE Transactions on Reliability and quality control (1956)
- (4) IEC Technical Committee No. 39 Draft Recommendation on the use of Electronic Valves
- (5) D. K. Gannett: Bell Lab. Rec., XVIII, 378 (Aug. 1940)
- (6) 高田, 島田: 信学誌 34, 340 (Jun. 1951)
- (7) 中村: エレクトロニシャン 1, 14 (Oct. 1952)
- (8) 岡沢: 信学誌 38, 476 (Jun. 1955)
- (9) 岡部: 信学誌 37, 387 (May 1954)
- (10) J. O. McNally, G. H. Metson, E. A. Veazie, M. F. Holmes: B. S. T. J. XXXVI 163 (Jan. 1957)
- (11) 高田, 島田: 信学誌 36, 301 (Jun. 1953)

(第90頁より続く)

日立製作所社員の通信機器に関する社外既発表論文一覧

(その10)

(5) コンピュータ(その4)

番号	題 目	執 筆 者	掲 載 誌	掲 載 号
36	低速度型アナログ計算機用演算増幅器の設計基準	三浦武雄 阿部善右 永田穰	電気学会東京支部大会資料	昭 32-11
37	繰返型アナログ計算機のリセット誤差	三浦武雄 河村雄	電気学会東京支部大会資料	昭 32-11
38	低速度型アナログ計算機の総合演算誤差	三浦武雄 阿部善右 永田穰	電気学会東京支部大会資料	昭 32-11
39	日立繰返型アナログコンピュータとその応用	三浦武雄 只野文哉	オ ー ム	Vol. 42 No. 14
40	電子管式アナログ計算機とその応用[I]	只野文哉	オ ー ム	Vol. 45 No. 1
41	電子管式アナログ計算機とその応用[II]	只野文哉	オ ー ム	Vol. 45 No. 2
42	繰返型アナログ計算機の応用	三浦武雄	エレクトロニクス	Vol. 1 No. 2
43	関数発生器とその応用	三浦武雄	エレクトロニクス	Vol. 3 No. 3
44	レゾルバーとその応用	小倉正美	エレクトロニクス	Vol. 3 No. 6
45	電子管式アナログ計算機の構成と応用	三浦武雄 沼倉俊郎 永田穰	エレクトロニクスダイジェスト	Vol. 1 No. 3
46	デジタルコンピュータの演算素子について	高田昇平	エレクトロニクスダイジェスト	Vol. 1 No. 3
47	New Diode Function Generater	三浦武雄 雨宮洋郎 沼倉俊郎	Trans IRE	Vol. EC-6 No.12
48	非線型演算器	三浦武雄	オートメーション	Vol. 2 No. 3
49	日立アナログ計算機の取扱法	沼倉俊郎 池沢俊郎	電気計算	Vol. 25 No. 9
50	日立アナログ計算機と電力問題への応用	三浦武雄 小林雄	電気協会雑誌	Vol. 78 No. 838
51	繰返型アナログコンピュータとその応用	三浦武雄 沼倉俊郎	電子工業	Vol. 3 No. 9
52	電子管式アナログコンピュータとその応用	三浦武雄	電子計算機研究専門委員会資料	昭 29-3
53	相関性サーボアナライザの計算機構	不破康博 猪瀬武	自動制御研究専門委員会資料	No. 97

(次頁へ続く)

(前頁より続く)

日立製作所社員の通信機器に関する社外既発表論文一覧

(その11)

(5) コンピュータ (その5)

番号	題 目	執 筆 者	掲 載 誌	掲 載 号
54	計 算 機 械	小 倉 正 美	商 品 大 辞 典	昭33-9発行予定
55	日立製作所におけるデジタル計算機	高 田 昇 平	経営工学講座(8) コロナ社	昭 32
56	デ イ ジ タ ル 計 算 機	高 田 昇 平	精密工学講座 日刊工業新聞社	I-9計算機械(上)
57	日立アナログ計算機と電力問題への応用	三 浦 武 雄	日本電気協会研 究講演会資料	昭 32-5
58	電 子 管 式 ア ナ ロ グ 計 算 機	小 沼 倉 俊 郎	精密工学講座 日刊工業新聞社	I-9計算機械(下)

(6) 電 子 管 (その1)

番号	題 目	執 筆 者	掲 載 誌	掲 載 号
1	通 信 管 の 製 造 に つ い て	高 橋 忠 夫	日 立 評 論	Vol. 33 No. 11
2	電 子 管 工 業 の 最 近 の 発 達	久 保 俊 彦	日 立 評 論	別 冊 No. 3
3	最 近 の 送 信 管 の 趨 勢	渡 辺 孝 正	日 立 評 論	別 冊 No. 3
4	テ レ ビ ジ ョ ン 用 電 子 管	中 原 富 士 朗	日 立 評 論	別 冊 No. 3
5	レフレックス, クライトストロンに関する二, 三の考察	武 藤 寛 雄	日 立 評 論	別 冊 No. 3
6	受 信 用 真 空 管 の 雑 音 試 験 法	火 田 捨 三	日 立 評 論	別 冊 No. 3
7	受 信 用 真 空 管 の 寿 命 に つ い て	橋 本 一 良	日 立 評 論	別 冊 No. 3
8	中短波送信用新型5極管および4極管の陽極電流特性	沢 田 喜 久	日 立 評 論	別 冊 No. 3
9	真 空 管 口 金 接 着 剤 の 改 良	鈴 木 守 雄	日 立 評 論	別 冊 No. 3
10	送 信 用 真 空 管 静 特 性 直 視 装 置	宮 川 幸 雄	日 立 評 論	別 冊 No. 3
11	高 真 空 整 流 管 の 許 容 動 作 条 件	高 田 昇 平	日 立 評 論	別 冊 No. 3
12	受 信 用 真 空 管 の IHK ハム 雑 音 に つ い て	中 原 富 士 朗	日 立 評 論	Vol. 34 No. 12
13	特 殊 FM 検 波 管 の 動 作 試 験 装 置	内 田 淳 美	日 立 評 論	Vol. 35 No. 9
14	電子流分配型真空管回路の研究(第1報) 基礎理論とその実験的検討	真 島 清 七	日 立 評 論	Vol. 38 No. 10
15	電子流分配型真空管回路の研究(第2報) 差働増幅器への応用	山 内 徳 太 郎	日 立 評 論	Vol. 39 No. 3
16	電子流分配型真空管回路の研究(第3報) 電位計管回路の改良	中 田 九 州 男	日 立 評 論	Vol. 40 No. 2
17	半 導 体 に 関 す る 海 外 ニ ュ ー ス	伊 藤 久 雄	日 立 評 論	Vol. 40 No. 5
18	高 周 波 ト ラ ン ジ ス タ	富 永 幸 雄	日 立 評 論	Vol. 98 No. 832
19	高 周 波 用 ト ラ ン ジ ス タ に つ い て	阿 部 善 右 工 門	電 気 通 信 学 会 誌	Vol. 98 No. 832
20	ゲルマニウムダイオードについて	阿 部 善 右 工 門	電 気 通 信 学 会 誌	Vol. 98 No. 832
21	半導体部品部門中「トランジスタの製造法」 「問 試 験 法」 「光 電 部 品」	伴 野 正 美	オ ー ム	昭 33 No. 3
22	電 気 物 理 編 "半 導 体"	徳 山 美 巍	ラ ジ オ 技 術	昭 32 No. 3
23	日立ゲルマニウムジャンクショントランジスタ	伴 野 正 美	電 子 工 業	昭 30 No. 9
24	ト ラ ン ジ ス タ の 温 度 特 性	伴 野 正 美	電 子 工 業	昭 30 No. 12
		伴 野 正 美	通信工学ハンド ブック(改訂版)	
		伴 野 正 美	電気工学年報	昭 32
		日 下 晴 夫	電気工学年報	昭 32
		伴 野 正 美	電気学会雑誌 トランジスタ特 集号	昭 31 No. 4

(第 122 頁へ続く)