

## ■1 群 (信号・システム) - 12 編 (信頼性理論)

---

### 3 章 信頼性試験

(執筆者：井原惇行) [2010年8月 受領]

#### ■概要■

JIS 規格によると信頼性試験とは「信頼性決定試験及び信頼性適合試験の総称で、アイテムの信頼性の特性、もしくは性質の測定、計測または分類のために行われる試験」とあるが、もう少し砕いていえば、製品の良否を決定する、信頼度を測定する、製品の技術的問題点をあぶり出す試験といえる。信頼性試験を実施するに当たっては、常に試験時間、数量、試験設備等の制約条件を考慮して実施する必要がある。本章では、こうした制約を克服するための信頼性試験の概要、主要な技法について解説する。

#### 【本章の構成】

本章では、まず、3-1 節で信頼性試験の概要を示し、次いで、3-2 節で後信頼性試験の例として、時間的・数量的制約を克服するための抜取試験、時間的制約を克服するための HALT/HASS について述べる。

## ■1 群 - 12 編 - 3 章

### 3-1 信頼性試験総論

(執筆者：井原惇行) [2010年8月 受領]

#### 3-1-1 はじめに

30年以上使用された電気扇風機における発火事故で死亡や家屋の火災事故が発生し、大きな社会問題となっている。エアコン、石油暖房機などその他の製品でも同様な長期使用による安全問題が目立つようになり、改めて製品寿命に対する議論と対策の必要性が高まってきている。信頼性試験の重要な目的の一つに、製品を市場に出す前に、信頼性上及び安全上問題ないか検証し、保証する役割を担っている。しかしながら現実には製品は耐用寿命を何年とするのか、寿命末期の姿はどうかしなければならないかといった基本的なところは必ずしも明確にはなっていない。

信頼性試験は、信頼性技術の中でも製品の信頼性を保証するために特に重要な基本技術であることから、既に試験法、規格、試験データの解析などが確立されており、膨大なデータも蓄積されてきている。しかしながら、こうした時代の変化に対応していくためには、今後取り組まなければならない課題も少なくない。

#### 3-1-2 信頼性試験とは

製品を企画し商品として市場に出荷するまでには、研究段階から、設計、製造、検査など様々な工程を経るが、それぞれの段階で様々な試験が行われる。それらの試験の中で、信頼度、故障率、MTBFなど信頼性の特性値を求めると行われる試験が信頼性試験である。

信頼性試験は、製品（システム、装置、部品、材料など）の種類や試験の目的に応じて試験方法が選択され実施される。また試験の結果問題が見つければ設計や製造にフィードバックされ改善処置が行われる。その結果を再度試験により確認し、問題なければ製品として保証されることになる。

信頼性試験を行う主要な目的は二つある。一つは当初の設計目標どおりの信頼度になっているかの確認試験であり、もう一つは顧客の立場で市場の要求品質を満たしているかどうかを評価する試験である。JISの信頼性用語では、信頼性試験を信頼性決定試験と信頼性適合試験の二つに分類している。信頼性決定試験は、アイテムの信頼性特性値を決定するための試験であり、統計的推定に対応する。一方の信頼性適合試験はアイテムの信頼性特性値が規定の信頼性要求に達しているかどうかを判定する試験であり、統計的検定に対応する。

#### 3-1-3 信頼性試験の計画と実施

信頼性試験の種類、規模、日程などの計画は、要求目的及び実施する対象製品に応じて選択される。

##### ① 試験目的と尺度

試験の目的が設計情報を求めるためのものであるか、または試験の加速係数を求めるためか、あるいは製品の認定を行うためのものであるかなど試験の目的によって特性値、パラメータ、判定基準を選定する。

## ② 試験時間とサンプル数

試験時間を長くし、十分なサンプル数の試験を行えば必要な情報は増し、より正確な判断が可能になる。しかしながらコストの増大は避けられず、開発時間の短縮化が求められる中で時間的制約もある。したがって要求される精度からみてどの程度のサンプル数でどの程度の試験時間を行えば要求を満足できるかが問題となる。

信頼性試験では抜取検査方式が用いられ、1 回抜取検査方式や逐次抜取方式が採用される。指数分布に従う偶発故障段階では、総試験時間（サンプル数と時間の積）が同じであれば同程度の信頼度が保証できることから、サンプルのコストや可能な試験時間によって配分されることが多い。また、故障の分布形が分かっている場合には中途打切方式の寿命試験が行われる。

## ③ ストレスの選定

信頼性試験の実施に当たっては、対象とする製品の使用状態においてどのようなストレスがどのくらいのレベルで加わるのか調査、確認する必要がある。この調査や判断を誤ると信頼性試験を行ったのに市場で問題が発生してしまうという厳しい結果を招くことになりかねない。それを防ぐためには、過去に市場で同様な故障が発生していたのか、その原因はどこにあったのかといった市場データが重要となる。更に、グローバル化が進展した現在では、使用環境や使用条件も多岐にわたることが想定され、ストレスの選定に当たっては、これまで以上にきめ細かい調査と慎重な判断が求められる。

### 3-1-4 信頼性試験の種類

信頼性試験は試験の実施場所（工場、現地）、実施方法（破壊、非破壊）、試験目的（寿命試験、環境試験、動作試験、過酷試験、スクリーニング）など多くの種類がある、[図 3・1](#) に、信頼性試験の分類を示す。ここでは中でも特によく用いられる環境試験、故障率、加速試験、スクリーニングの四つの試験について概説する。

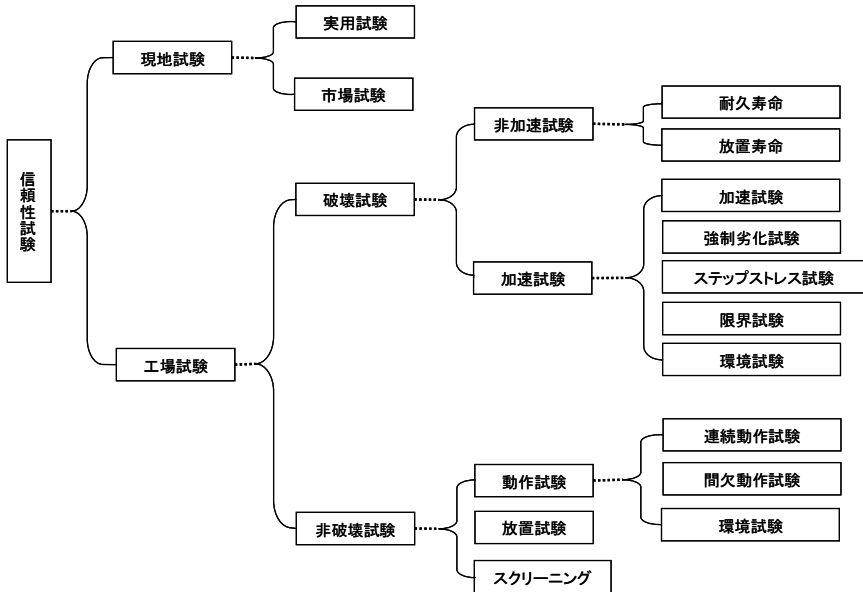


図 3・1 信頼性試験の分類

### (1) 環境試験

製品の信頼度は使用時や輸送、保管時に加わる温度、湿度、気圧、振動、衝撃など様々な環境ストレスにとって大きく影響される。このような使用時の環境条件を想定してその環境下におけるストレスの影響を調査する。したがって試験の実施に当たっては、これらの環境を作り出せる各種環境試験装置が用いられる。多く行われるのが温度、湿度またはそれらの組合せの試験である。

一般の試験あるいは認定試験を行う場合、温度、湿度、振動などの試験条件や試験方法については、MIL, IEC などの国際規格、及び JIS, EIAJ などの標準的な規格が整備されている。なお、これらの規格も定常的に改定や新規規格の制定が行われており、常にその動向を把握していく必要がある。

### (2) 故障率試験

故障率試験は、耐用寿命期間内の故障率を求めることを目的とした試験である。バスタブカーブで偶発故障領域すなわち故障率が一定であると仮定している。試験の規模は総試験時間によって決められる。総試験時間は、試験数と試験時間の総和である。したがって理論的には試験数を増やせば試験時間を短縮することが可能である。

はじめに述べたように、耐用寿命をどの時点にするかは非常に難しい問題である。更に現実には設計者の意図と現実に使用されている期間に大きなズレがあることが問題解決を難しくしている。

最終的には製品の寿命末期に死亡や火災など拡大損害を防ぐことが最低限必要であり、安全を含めたライフエンド設計と信頼性試験による確認が今後の重要課題となる。

### (3) 加速試験

製品開発期間の短縮、製品の高信頼化に伴って、故障率や寿命の早期予測が求められている。試験を加速するために、劣化原因を物理的または時間的に加速させる加速試験が行われる。アレニウス則、 $10^{\circ}\text{C}$ 則、アイリングのモデルなど故障物理のモデルを用いて加速係数を求めて厳しい環境やストレスの条件下で試験を行い短時間で寿命を予測する。

加速試験で注意しなければならないことは、あまり加速しすぎると実用状態と違った故障モードが発生してしまうことである。あらかじめ予備試験や過去の試験データを分析し適正な加速性が得られることを確認したうえで試験条件を決める必要がある。

### (4) スクリーニング

製品には、材料特性のバラツキ、製造不良などにより何らかの潜在的な欠陥が含まれてしまう。こうした潜在欠陥は本来は製造工程や検査段階で取り除かれることが理想だが、すべての欠陥を検出することは不可能である。しかしながら可能な限り出荷前に内在する、潜在する潜在欠陥を摘出しそれらを除去する方法としてスクリーニング (screening) が重要な役割を担う。スクリーニングにより市場故障、特に初期不良を減少させることを目的とする。そのために、想定される故障メカニズムを理解し、ストレスの種類とストレスレベルを検討する必要がある。スクリーニングの原則を以下に示す。

- ① 潜在欠陥の故障メカニズムに則して行う。
- ② 原則として全数行う。そのため非破壊検査による。
- ③ 可能な限り工程の源流で行う。
- ④ 良品をいためない (スクリーニングにより寿命を短くしない)。
- ⑤ 故障摘出品は故障解析を行う。

## 3-1-5 今後の課題

試験期間の短縮、長期寿命の確認、寿命末期の安全確認など、信頼性試験に対する課題も多い。これらの課題に対応していくためには、故障メカニズムに対する理解が欠かせない。信頼性試験、故障解析、安全性試験との連携が不可欠になる。

## ■1 群 - 12 編 - 3 章

### 3-2 信頼性抜取試験と HALT/HASS

(執筆者：益田昭彦) [2009 年 11 月 受領]

信頼性試験には「数と時間の壁」が立ちはだかつてきた。これを超えるために、数理統計学に基づく方法や故障物理に基づく方法が考案され利用されてきた。前者では信頼性抜取試験が代表的で、小數サンプルの寿命試験結果から大量ロット（母集団）の製品の寿命を推定・検定する方法である。後者では加速寿命試験（ALT；Accelerated Life Testing）が代表的で、サンプルに実使用条件よりも厳しいストレスを印加して強制的に故障を短時間で生起させる試験方法である。これらの方法は相乗効果を狙い、組み合わせるものが普通である。

このほかにも、特性値の経時変化で測る故障の場合には、故障判定の閾値を実際よりも厳しく設定し、「故障」判定までの時間を早めることによって、寿命試験時間を短縮する方法がある。また、周期的な on-off 動作で、状態の切り替わり時に発生する故障モードに着目する場合には、実使用状態よりも on-off 間隔を短縮する方法もある。HALT/HASS はこの考え方を極端にまで進めた方法で、近年産業界での興味を引いている。この節では、典型的な信頼性抜取試験の考え方と、新しい試験法である HALT/HASS の本質についてまとめる。

#### 3-2-1 信頼性抜取試験

信頼性試験は製品の時間的または環境的な動作限界を確かめる試験である。そのため、試験後のサンプルは外観上支障なく正常に動作していても、内部に後遺症が残っている可能性が大きい。そのため供試したサンプルは廃棄しなくてはならない。このことから、製品全数に対して信頼性試験を実施するわけにはいかない。そこで信頼性抜取試験が行われる。抜取試験の目的はサンプル自体の良否を分けることではなく、サンプルが抜き取られたロット（母集団）の合否を判定することにある。

##### (1) 統計的検定と OC 曲線

JIS 用語<sup>1)</sup>によれば、信頼性試験は信頼性決定試験と信頼性適合試験に分けられる。信頼性決定試験はアイテムの信頼性特性値を決定するための試験であり、統計的推定に対応する。一方、信頼性適合試験はアイテムの信頼性特性値が規定の信頼性要求（例えば、故障率水準や MTBF 水準）に合致しているかどうかを判定する試験であり、統計的検定に対応する。この節では信頼性適合試験の具体例として信頼性抜取試験についてまとめる。

統計的検定は、帰無仮説  $H_0$ （例えば「ロットの信頼性特性値と信頼性要求値に合っている」）と、対立仮説  $H_1$ （例えば「ロットの信頼性特性値は信頼性要求値を下回る」）の二つの仮説を立て、帰無仮説を棄却し（無に帰す）、対立仮説を採択できるかどうかを確率的に判断する方法である。偶発故障期間にある部品の故障率  $\lambda$  を用いて検定することを例として考える。受け入れてもよいとする要求故障率を  $\lambda_0$ 、受け入れたくない故障率を  $\lambda_1$  ( $>\lambda_0$ ) とするとき、サンプルから推定した故障率  $\hat{\lambda}$  を用いて、二つの仮説は

$$\left. \begin{array}{l} H_0 : \hat{\lambda} = \lambda_0 \\ H_1 : \hat{\lambda} = \lambda_1 \end{array} \right\} \quad (3.1)$$

となる。

この故障率抜取試験では、表 3・1 に示すような判断を行い、サンプルから推定した故障率が $\lambda_0$ ならばロットを合格させ、 $\lambda_1$ ならばロットを不合格にさせる。実際には、ロットの故障率が「真実は $\lambda_0$ 以下」であるのに不合格と判断してしまう可能性があり、その確率をあらかじめ設定した危険率 $\alpha$ 以下に抑えるようにする。またロットの故障率が「真実は $\lambda_1$ 以上」なのに合格させてしまう可能性もあり、その確率を危険率 $\beta$ 以下に抑えるようにする。ここで、 $\alpha$ と $\beta$ は1に対して十分に小さい値にとる。 $\alpha$ は生産者危険（あわてものの誤り）、 $\beta$ は消費者危険（ぼんやりものの誤り）という。

表 3・1 統計的検定における判定結果の処置

判定は 真実は	帰無仮説 $H_0$ が正しい	対立仮説 $H_1$ が正しい
帰無仮説 $H_0$ が正しい	確率 $1-\alpha$ で $H_0$ を容認する	確率 $\alpha$ で $H_0$ を棄却する (生産者危険)
対立仮説 $H_1$ が正しい	確率 $\beta$ で $H_1$ を採択せず (消費者危険)	確率 $1-\beta$ で $H_1$ を採択する

真実はいずれであれ「帰無仮説  $H_0$  が正しい」と判定する確率をロット合格率という。統計的検定では「対立仮説  $H_1$  が正しい」と判定する確率を検出力といい、

$$(\text{ロット合格率}) = 1 - (\text{検出力}) \quad (3.2)$$

の関係がある。真の故障率が $\lambda_0$ のときは、ロット合格率が $1-\alpha$ 、検出力が $\alpha$ であり、真の故障率が $\lambda_1$ のときは、ロット合格率が $\beta$ 、検出力が $1-\beta$ である。真の故障率がそれ以外の場合も式(3.2)が成立する。

そこで、横軸に信頼性特性値（この例の場合は故障率 $\lambda$ ）を、縦軸にロット合格率をとって描いたグラフは OC 曲線（検査特性曲線；operating characteristic curve）と呼ばれ、抜取方式を選択するのに利用される。

図 3・2 に故障率抜取試験の OC 曲線の例を示す。この図において、 $\lambda_0$ と $\lambda_1$ は

$\lambda_0$ : 合格信頼性水準 (ARL; acceptable reliability level, または AFR; acceptable failure rate)

$\lambda_1$ : ロット許容故障率 (LTFR; lot tolerance failure rate)

といわれる<sup>2)</sup>。

図から明らかなように、OC 曲線においてロット合格率  $L(\lambda)$  は 0~1 の間の値をとる。抜取試験を設計するには( $\lambda_0, \lambda_1, \alpha, \beta$ )をあらかじめ定めることになる。これにより唯一の OC 曲線が決定される。

## (2) 信頼性試験のための抜取方式

品質管理と同様に、信頼性試験の抜取方式も計数型と計量型、あるいは1回抜取、多回抜取、及び逐次抜取などに分類できる。図 3・3 はこの視点で信頼性抜取試験方式を分類したものである。計数抜取試験方式では、偶発故障を対象にした指数分布を仮定したものが多く、磨耗故障を対象にしたワイブル分布や正規分布を仮定した抜取表もつくられている。計量抜取試験方式の学術的研究は少なくないが、抜取試験規格として公表されたものは少ない。国内で容易に入手できるのは JIS C 5003 の信頼性抜取試験規格である。これは指数分布（偶発故障）に基づくアイテムの計数一回抜取方式である。

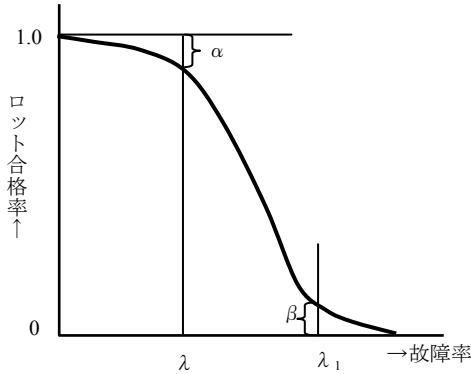


図 3-2 故障率抜取試験の OC 曲線

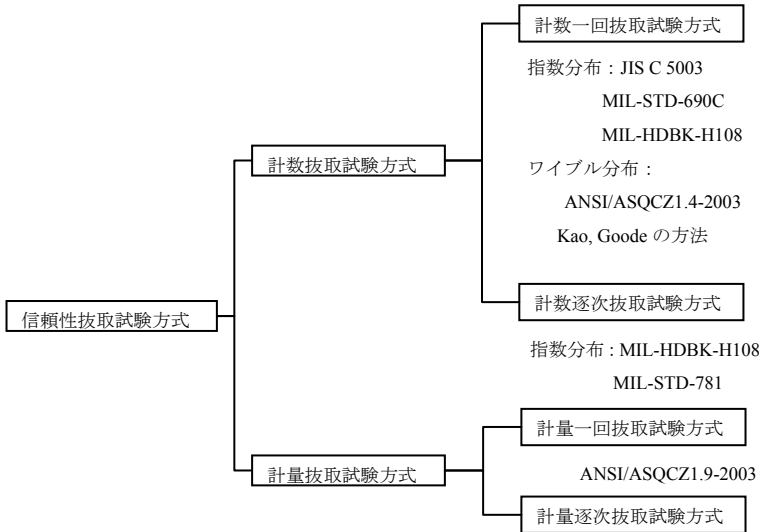


図 3-3 信頼性抜取試験方式の分類

### (3) 指数分布に基づく計数一回抜取方式

信頼性試験に用いられる代表的抜取方式である計数一回抜取方式について説明する。これは製品が偶発故障をする場合を考えている。すなわち、寿命分布（または故障時間分布）として指数分布を仮定する。一回抜取方式とは対象の製品ロットからサンプルを 1 回だけ抜き取り、その試験結果によってロットの合否を判定する方法である。計数とはサンプル中の故障数を数えて判定することを示す。



いま、規定個数のサンプルを定められた時間にわたり動作させたとき、発生した故障数が合格判定個数以下ならばロットを合格とし、そうでなければ不合格とする。

指数分布に基づく故障率抜取試験では、複数のアイテムを一定期間動作させた場合、発生する故障数はポアソン分布に従うことを利用する。このとき、ロット合格率は式(3・3)で表すことができる。

$$L(\lambda) = \sum_{r=0}^c e^{-\lambda T} (\lambda T)^r / r! \quad (3 \cdot 3)$$

ここで、

$\lambda$ : アイテムの故障率

$L(\lambda)$ : アイテムの故障率が $\lambda$ のときのロット合格率

$T$ : 総試験時間 ( $\approx nt$ )

$n$ : 試験個数

$t$ : 試験時間

$c$ : 合格判定個数

基準型抜取試験方式では( $\lambda_0, \lambda_1, \alpha, \beta$ )を決めて、( $T, c$ )の組を求める<sup>3)</sup>。図3・2を参照して、式(3・4)及び式(3・5)の連立方程式を解けばよい。

$$L(\lambda_0) = \sum_{r=0}^c e^{-\lambda_0 T} (\lambda_0 T)^r / r! = 1 - \alpha \quad (3 \cdot 4)$$

$$L(\lambda_1) = \sum_{r=0}^c e^{-\lambda_1 T} (\lambda_1 T)^r / r! = \beta \quad (3 \cdot 5)$$

信頼性でよく使われるのは次のLTFR方式である<sup>2,3)</sup>。これは式(3・6)において、( $\lambda_1, \beta, c$ )を決めて $T$ を求める。

$$L(\lambda_1) = \sum_{r=0}^c e^{-\lambda_1 T} (\lambda_1 T)^r / r! \leq \beta \quad (3 \cdot 6)$$

ここで $\beta$ と $c$ を与えたときの $\lambda_1 T$ を求めた結果を表3・2に示す。なお、故障率 $\lambda_1$ における検出力 $1 - \beta$ のことを信頼水準または信頼率という。

なお、公表されている指数型の抜取方式では、故障したサンプルを交換する場合としない場合、AFRを保証する場合とLTFRを保証する場合などに分けて抜取表が作られている。詳細は各規格を参照されたい。

**表3・2** 合格判定個数 $c$ と信頼水準 $(1 - \beta)$ を与えて、故障率 $\lambda_1$ を実証するのに要する総故障時間 $T$   
(コンポーネント・アワー)

信頼水準 100×(1-β) [%]	$\lambda_1 T$			
	$c=0$	$c=1$	$c=2$	$c=3$
10	0.10536	0.53181	1.10207	1.74477
50	0.69315	1.67835	2.67406	3.67206
60	0.91629	2.02231	3.10538	4.17526
90	2.30259	3.88972	5.32232	6.68078

(注) この表は指数分布に基づく計数抜取方式である。\$T\$はこの表の数字に\$1/\lambda\_1\$あるいは\$MTBF\_1\$ (または\$MTTF\_1\$) をかけた時間になる。大まかには\$T=nt\$であるが、厳密には、故障したサンプルでは故障までの時間の合計、故障しなかったサンプルでは動作時間の合計を求め、両者を総計して求める。

例えば信頼水準90%、\$c=0\$、試験時間\$t\$で\$\lambda\_1\$を保証するに要するサンプルの大きさ(\$n\$)は、\$\lambda\_1 T=2.3026\$、\$T=nt\$より\$n=2.3026/(\lambda\_1 t)\$と求められる。

#### (4) 逐次抜取方式

逐次抜取方式は故障の発生した時点ごとに、その時点までの総故障数\$r\$と総試験時間\$T\$からロットの合否を判定する方式である。この方法はサンプルが少数で総動作時間が十分に累積されていなくとも、時々刻々合否判定ができる利点がある。一回抜取方式が規定の総試験時間\$T\$に達するまで原則として合否の判定ができないことを考えれば有効な方法といえる。

横軸に\$r\$を、縦軸に\$T\$をとってグラフにすると図3・4のように示される。逐次抜取方式では試験続行域は囲碁のシチョウのように合格判定線と不合格判定線の間を無限に続く可能性があるため、実行上\$T\_{max}\$と\$r\_{max}\$を設けてそこで合格か不合格か強引に決めてしまうのが普通である。

逐次抜取試験の理論的根拠はA.Waldの確率比逐次抜取方式に基づく。アイテムの故障時間がパラメータ\$\lambda\$をもつ指数分布に従う場合、時間\$T\$の間に\$r\$個の故障が発生する確率はポアソン分布に従う。これを\$P(\lambda)\$と表すと、

$$P(\lambda) = e^{-\lambda T} (\lambda T)^r / r! \quad (3\cdot7)$$

となる。確率比とは\$\lambda=\lambda\_1\$と\$\lambda=\lambda\_0\$における故障発生確率の比をいい、この場合は、

$$\text{確率比}(T, r) = \frac{P(\lambda_1)}{P(\lambda_0)} = \frac{e^{-\lambda_1 T} (\lambda_1 T)^r / r!}{e^{-\lambda_0 T} (\lambda_0 T)^r / r!} = \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_0} \right)^r e^{-(\lambda_1 - \lambda_0) T} \quad (3\cdot8)$$

である。逐次抜取方式の判定は

$$\left. \begin{array}{l} \text{合格: 確率比}(T_a, r) < B \\ \text{不合格: 確率比}(T_r, r) > A \\ \text{試験続行: } B < \text{確率比}(T, r) < A \end{array} \right\} \quad (3\cdot9)$$

とする。ただし、\$T\_a\$ : 合格となる総試験時間、\$T\_r\$ : 不合格となる総試験時間である。

なお、\$A, B\$は次式の値である。

$$A = \frac{1-\beta}{\alpha}, \quad B = \frac{\beta}{1-\alpha} \quad (3\cdot10)$$

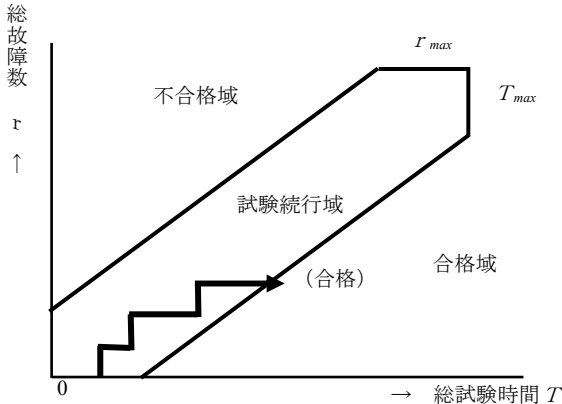


図 3・4 計数逐次抜取方式

試験が限りなく続くことを避けるために、 $T_{\max}$  と  $r_{\max}$  で終端する。理論的に条件を定めて決めることもできるが、実務的にはコストや時間を考慮して決めるとよい。すなわち、サンプル費用や試験実施費用、あるいは試験リードタイムは管理上の制限が考えられるためである。同時に試験に供するサンプル数は  $r_{\max}$  以上準備しておく必要があるが、試験中の不測の事態を考えると  $r_{\max}$  の 1 割から 3 割増し、または少なくとも  $(r_{\max} + 1)$  個のサンプルを用意しておくことが肝要である。

### 3-2-2 HALT

近年、米国では航空や軍の分野で stimulation (強制) 試験として、**HALT** (highly accelerated life testing) が行われている<sup>4)</sup>。供試アイテムに逸脱のストレスを与えて、製品の弱点を洗い出すことが目的で、短時間の試験で済むことが特徴である。しかし、HALT に関する理論的研究はあまり進んでいない。試験機メーカーや関与する専門家による実践的な文献が中心であり、第三者による客観的かつ学際的な研究情報はいまだ乏しい。

HALT は「高加速寿命試験」と訳されているが、寿命試験というには問題がある。信頼性試験の範ちゅうではあるが、少し外れたところに位置する試験である。HALT はほぼ 10 分間隔のステップストレス試験であるので、数日間で試験を終了できる利点がある。しかし、その結果から MTBF や故障率を推定することは危険である。設定した環境条件で故障を発生させる上で十分なステップ間隔とはいえないためである。したがって、HALT とは 3-1 節で述べた従来からの加速寿命試験 (ALT; Accelerated Life Test) によって MTBF を推定することが望ましい。この意味を図 3・5 に示す。従来の ALT が時間をかけてアイテムの強度劣化を促進する試験であるのに対し、HALT は逆に短時間にストレスを増大させていき、強制的にアイテムの破壊領域に到達させ故障を発生させることを意図する試験である。HALT で生じた故障は故障解析を実施して、その故障メカニズムが通常使用の状態で発生する故障における発生メカニズムと比較検討する必要がある。

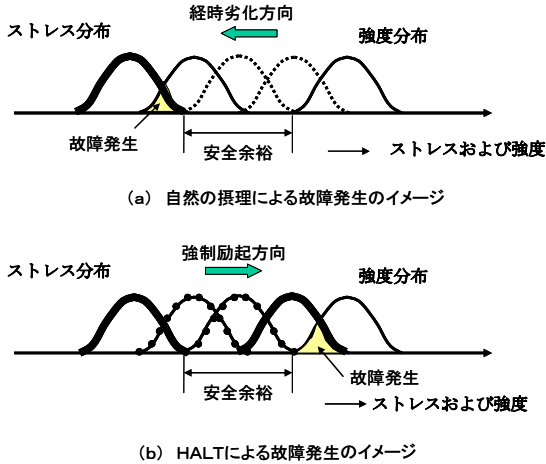


図 3-5 HALT における故障発生のイメージ図

もう一つの HALT の特徴は、短時間ながら温度と振動の複合ストレスをアイテムに同時に印加できることである。従来の ALT では温度と振動のような異種のストレスは決められた順に印加される方法がとられた。そのため、フィールドで生ずるような複合ストレスの同時印加による相乗効果によって発生する複合故障の検出は難しかった。HALT は温度と振動に限られるが、その実証を可能とする試験である。HALT の難点は試験設備が高価になることであるが、これは今後の技術進歩によって克服できるものであろう。

以上をまとめると、HALT は異物、半断線、ルーズコンタクト、亀裂など初期的な設計／製造ミスの検出に威力を発揮すると思われるが、マイグレーションや磨耗などの時間経過に依存する劣化故障の検出は不得意と考えられる。前述のとおり HALT はその命名に問題があり、実態は寿命試験ではない。HALT を適用すると、製品の試作段階に設計上潜在している弱点や欠点を事前に検出し、その原因を解析して、設計に反映することを繰り返し行うことが可能になるので、設計ツールと考えるべきであろう<sup>5)</sup>。設計段階で未然に“悪いところ潰し”を繰り返せば、最後に良いものだけが残り、設計の完全化を図ることができるという原理に基づく。この原理は、技術資料に基づき行う FMEA、特に要素間の相互作用を解析する人・環境・装置の三要素 FMEA<sup>5, 6)</sup>、で考えられ用いられてきたものである。事前に逸脱的環境状態を洗い出し、計画にフィードバックするプロセスも類似している。三要素 FMEA と HALT を組み合わせると思索と実証を行うことで相乗効果が得られる。

HALT は我が国ではまだこれからの技術であるが、隣国の韓国や中国では HALT の技術を既に米国から導入して、急ピッチな製品の信頼性向上を進めている。「数と時間の壁」のために、信頼性試験の実施が敬遠されがちな、我が国の傾向を打破する技術手段の一つとなるに違いない。

【参考文献】

- 1) JIS Z 8115 : 2000 ディペンダビリティ (信頼性) 用語
- 2) 塩見弘, 久保陽一, 吉田弘之, “信頼性試験-総論・部品,” 日科技連信頼性工学シリーズ第 10 巻, 日科技連出版社, 1984.
- 3) 真壁肇, 鈴木和幸, 益田昭彦, “品質保証のための信頼性入門,” 日科技連出版社, 2002.
- 4) Hobbs,G, “Accelerated Reliability Engineering HALT and HASS,” John Wiley & Sons, 2000.
- 5) 益田昭彦, “未然防止技術における HALT/HASS,” エレクトロニクス実装学会誌, vol.11, no.5, pp.326-338, 2008.
- 6) 益田昭彦, 岩瀬智之, 鈴木和幸, “信頼性・安全性解析のための人・環境・装置の三要素 FMEA 手法の開発,” 品質, vol.29, no.1, pp.122-135, 1999.