S-N 試験法の統計的検討*

(平行直線形信頼区間を用いた場合の試験片配分法)

市 川 昌 弘**
Masahiro ICHIKAWA

Key Words: Material Testing, Fatigue, S-N Tests, Specimen Allocation, Parallel Straight Line Confidence Interval

1. 緒 言

構造信頼性工学の実際的应用を促進するためには、不十分な統計的データのもとでも使える手法の開発・発展をはかるとともに、統計的データの蓄積をすすめることが大切であると考えられる。統計的データの蓄積をすすめるためには、データの採取方法ができるだけ統一されていることが望ましい。このことは、材料の強度データについていえば、各種の材料試験方法の基準化を意味する。著者らは前報⁽¹⁾において、疲労のS-N試験(S-N曲線を求めるための試験)の基準化の一助として、S-N試験における試験片配分方法について検討を行った。すなわち、図1のようにS-N曲線の傾斜部(時間強度領域)を求めるために用いる試験片数を n_I 、水平部(疲労限度領域)を求めるために用いる試験片数を n_{II} とする時、 n_I と n_{II} の比率をいくらにすべきかを理論的に検討して一つの合理的な配分比率を導き、またこの配分比率に基づいてS-N試験に供する試験片総数 $n_I + n_{II}$ を何個くらいにすればよいかを検討した。これらの結果は、昭和56年に定められた日本機械学会基準(JSMES 002)統計的疲労試験方法⁽²⁾の中に取り入れられた。

さて、 n_I と n_{II} の比率を決める場合に重要な点はいかなる配分を合理的な配分と考えるかという点である。この点に関し著者らが前報で提唱したのは、S-N曲線の傾斜部と水平部に等しい統計的精度を与えるような配分(すなわち傾斜部と水平部の信頼区間の幅が等しくなるような配分)を合理的な配分と考えるというものであった。そしてこの考えに基づいて解析を行

うにあたり、信頼区間として一般に広く用いられている双曲線形信頼区間を用いた。しかし、双曲線形信頼区間は信頼区間の形として唯一のものではなく、次章に述べる平行直線形信頼区間を用いることも可能である。そこで本報では平行直線形信頼区間を用いた場合について、傾斜部と水平部の信頼区間の幅が等しくなるような試験片配分比率を求め、さらにその比率に基づいて妥当な試験片総数を検討し、前報の結果と比較した。このような検討を行うことは、上記の日本機械学会基準を今後いっそう充実させていく上でも役立つと思われる。双曲線形信頼区間と平行直線形信頼区間の相違については次章に述べる。

2. 平行直線形信頼区間

一般の直線回帰を考える。 x を独立変数、 y を従属変数とし、 x の変域を (a, b) とする。通常用いられている信頼区間は、 y の真値を確率 $1-\gamma$ で含むような区間を (a, b) 内の各 x ごとに単独に求め、これを連ねたものである。これは双曲線の形状をとるので、双曲線形信頼区間と呼ぶことにする。前報⁽¹⁾では図2に示すように傾斜部に対してこの形の信頼区間を用いたので、傾斜部の端にいくほど信頼区間の幅が広くな

図1 S-N 試験における試験片配分

* 昭和58年4月2日、第60期通常総会講演会において講演、原稿受付 昭和58年8月3日。

** 正員、電気通信大学 (〒182 東京都調布市調布ヶ丘1-5-1)。

る。そこで傾斜部と水平部の境界でそれぞれの信頼区間の幅が等しくなるようにした。なお、水平部の信頼区間は疲労限度の信頼区間を表したものであるから、その幅は水平部で一定である。

以上のことからわかるように、双曲線形信頼区間は x の変域 (a, b) 内の 2 個以上の x に対するそれぞれの y の真値がこの信頼区間内に同時に存在する確率が $1-\gamma$ であることを意味するものではない。これに対して、 (a, b) のすべての x に対する y の真値をすべて同時にその内部に含む確率が $1-\gamma$ であるような信頼区間（すなわち真の x - y 関係を表す直線を直線全体として $1-\gamma$ の確率で含むような信頼区間）が、統計学の分野で考えられている⁽³⁾⁽⁴⁾。この種の信頼区間としては、図 3 に示すような回帰直線を中心にした均一幅の信頼区間が実用上便利であると思われる。この形の信頼区間を平行直線形信頼区間と呼ぶことにする。Little ら⁽⁵⁾ は S-N 曲線に対してこの形の信頼区間を用いるほうが、通常の変曲線形信頼区間を用いるよりも便利であろうと述べている。上述のように、平行直線形信頼区間の場合には、S-N 曲線の傾斜部全体が $1-\gamma$ の確率でこの信頼区間内に存在する。本報では以下この形の信頼区間を用いた場合について、図 3 のように傾斜部と水平部の信頼区間の幅が等しくなるような試験片配分比率を求める。

3. 信頼区間の幅

3.1 傾斜部の信頼区間の幅 S-N 曲線の傾斜部に関し、前報⁽¹⁾と全く同様に次の三つの仮定をおく。

- (1) S-N 曲線の傾斜部は、片対数座標（縦軸 S 、横軸 $\log_{10} N$ ）または両対数座標（縦軸 $\log_{10} S$ 、横軸 $\log_{10} N$ ）において直線に従う。
- (2) 寿命（破断繰返し数 N ）は対数正規分布に従う。
- (3) 対数寿命 $\log_{10} N$ の分散は応力 S の大きさに

よらず一定である（その一定値を $\sigma^2(\log_{10} N)$ と表すことにする）。

以下では議論を明確にするため、片対数座標において直線に従う場合について解析を進める。両対数座標上で直線に従う場合については 5 章でふれる。 $x=S$ 、 $y=\log_{10} N$ とする。傾斜部において、いくつかの応力レベルで合計 n_1 個の試験片について試験を行い、得られたデータ点を (x_i, y_i) ($i=1 \sim n_1$) とする。上記の三つの仮定より x_i と y_i の関係は次式で表される。

$$y_i = \alpha + \beta(x_i - \bar{x}) + \varepsilon_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで α と β は定数。また ε_i は平均が零、分散が $\sigma^2(\log_{10} N)$ の正規分布に従う確率変数である。 $\bar{x}$ は x_i ($i=1 \sim n_1$) の平均値すなわち $\bar{x} = \sum x_i / n_1$ である。

なお以下において特にことわらない限り、総和記号 Σ は $i=1$ から $i=n_1$ までの総和を意味するものとする。 α と β の推定値 $\hat{\alpha}$ 、 $\hat{\beta}$ は、周知のように最小二乗法により次のように求められる。

$$\hat{\alpha} = \bar{y} = \frac{1}{n_1} \sum y_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

このようにして得られた回帰直線に対して平行直線形信頼区間を求める方法は、統計学の分野において、Gafarian⁽³⁾、Bowden ら⁽⁴⁾により研究されている。このうち Bowden らのほうが一般性があるので、以下では Bowden らの結果を用いて、これを S-N 曲線の問題に適用する。信頼区間を求めようとする $x \equiv S$ の範囲を (a, b) とする。信頼区間の信頼係数を $1-\gamma$ とし、図 3 のようにその横軸方向の幅を δ'_1 とすると δ'_1 は次式で与えられることが Bowden らにより示されている。

$$\delta'_1 = Dg\hat{\sigma}(\log_{10} N) \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで $\hat{\sigma}(\log_{10} N)$ は $\sigma(\log_{10} N)$ の推定値で、周知のように次式から計算される。

図 2 双曲線形信頼区間

図 3 平行直線形信頼区間

$$\hat{\sigma}(\log_{10} N) = \left(\frac{1}{n_1 - 2} \sum [y_i - \{\hat{\alpha} + \hat{\beta}(x_i - \bar{x})\}]^2 \right)^{1/2} \quad (5)$$

また、 D は次の式(6)を満足するような積分範囲であり、 g は式(7)で与えられる。

$$\int_{-D}^D \int_{-Dg/h}^{Dg/h} \frac{1}{2\pi(1-\rho^2)^{1/2}} \times \left[1 + \frac{u^2 - 2\rho uv + v^2}{(n_1 - 2)(1 - \rho^2)} \right]^{-n_1/2} dudv = 1 - \gamma \quad (6)$$

$$g = \left[\frac{1}{n_1} + \frac{(a - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right]^{1/2} \quad (7)$$

$$h = \left[\frac{1}{n_1} + \frac{(b - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right]^{1/2} \quad (8)$$

$$\rho = \frac{1}{gh} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{(a - \bar{x})(b - \bar{x})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right] \quad (9)$$

式(6)を満足する D は一般に解析的には求められないが、数値解の形で求めることができる。Bowden らはデータ点の数 n (本問題では n_1 がこれに相当する)、 ρ , g/h , $1 - \gamma$ をパラメータとして D の数表を与えている⁽⁴⁾。

さて、図3のように傾斜部の信頼区間の縦軸方向の幅を δ_1 とすると

$$\delta_1 = \frac{\hat{\sigma}'_1}{|\hat{\beta}|} = \frac{Dg\hat{\sigma}(\log_{10} N)}{|\hat{\beta}|} \quad (10)$$

しかるに時間強度の標準偏差の推定値 $\hat{\sigma}_s$ と $\log_{10} N$ の標準偏差の推定値 $\hat{\sigma}(\log_{10} N)$ の間には、次式の関係がある。

$$\hat{\sigma}_s = \frac{\hat{\sigma}(\log_{10} N)}{|\hat{\beta}|} \quad (11)$$

式(10), (11)より次式が得られる。

$$\delta_1 = Dg\hat{\sigma}_s \quad (12)$$

前報と同じく、傾斜部ではいくつかの応力レベルでそれぞれ同数個の試験片について試験を行うものとし、応力レベルは等階差とする。応力レベルの数を l 、一応力レベル当たりの試験片数を $m (= n_1/l)$ とし、信頼区間を求める範囲は l 個の応力レベルのうちの最高レベルと最低レベルの間であるとする、次式が成り立つ。

$$\frac{(a - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{(b - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{3}{n_1} \frac{l-1}{l+1} \quad (13)$$

$$\frac{(a - \bar{x})(b - \bar{x})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = -\frac{3}{n_1} \frac{l-1}{l+1} \quad (14)$$

これらの関係を式(7), (8), (9)に代入すると、 g , h , ρ は次式のように表される。

$$g = h = \left[\frac{1}{n_1} \frac{2(2l-1)}{l+1} \right]^{1/2} \quad (15)$$

$$\rho = -\frac{l-2}{2l-1} \quad (16)$$

式(15)より $g/h = 1$ となり、また式(16)より ρ は l の関数であるから、式(6)を満足する D は n_1 , l , $1 - \gamma$ の関数となる。また g は式(15)からわかるように n_1 と l の関数である。したがって式(12)の Dg なる因子は全体として n_1 , l , $1 - \gamma$ の関数である。

3.2 水平部の信頼区間の幅 S-N 曲線の水平部すなわち疲労限度を求める方法としては、前報⁽¹⁾と同様に吉本⁽⁶⁾⁽⁷⁾による小標本ステアケース法を用いるものとする。これは比較的少数の試験片でステアケース法を行うものである。いま n_{II} 個の試験片を用いてこの方法を行ったとすると、疲労限度の平均値の推定値 $\bar{\mu}_w$ は次式から求められる。

$$\bar{\mu}_w = \frac{1}{n_{II}} [S(2) + S(3) + \cdots + S(n_{II}) + S(n_{II} + 1)] \quad (17)$$

ここで $S(j)$ はステアケース法における j 番めの試験応力である。 $n_{II} + 1$ 番めの試験は実際には行わないが、 n_{II} 番めの試験片が所定の繰返し数(例えば 10^7 回)までに破壊したか否かによって $S(n_{II} + 1)$ の値が決まるので、その値を $\bar{\mu}_w$ の計算に用いる。このようにして得られた $\bar{\mu}_w$ の信頼区間(信頼係数 $1 - \gamma$) の幅を δ_{II} とすると、 δ_{II} は次式により近似的に評価できることが吉本により示されている⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

$$\delta_{II} = \frac{t_{1-\gamma/2}(n_1 - 2)\hat{\sigma}_s}{(n_{II}/2)^{1/2}} \quad (18)$$

ここで $t_{1-\gamma/2}(n_1 - 2)$ は自由度 $n_1 - 2$ の t 分布において累積確率が $1 - \gamma/2$ である点、すなわち、 $\text{Prob}(t \leq t_{1-\gamma/2}) = 1 - \gamma/2$ となる点である。 $\hat{\sigma}_s$ は傾斜部における時間強度の標準偏差の推定値であり、式(11)で与えられる。水平部の信頼区間の幅に $\hat{\sigma}_s$ が関係しているのは、式(18)を導く時、疲労限度の標準偏差は時間強度の標準偏差と近似的に等しいとしているからである。 $t_{1-\gamma/2}(n_1 - 2)$ なる因子が関係しているのも同様の理由からである。

4. 傾斜部と水平部への試験片配分比率

3章で求めた傾斜部の信頼区間の幅 δ_1 と水平部の信頼区間の幅 δ_{II} が等しくなるように、 n_1 と n_{II} の比率を決定する。式(12)と式(18)を等置して n_{II} について解くと

$$n_{II} = 2 \left[\frac{t_{1-\gamma/2}(n_1 - 2)}{D(1 - \gamma, n_1, l)g(n_1, l)} \right]^2 \quad (19)$$

ここで $D(1 - \gamma, n_1, l)$ と $g(n_1, l)$ は D と g が依存する変数を明示するために、 D と g をこのように表示

したものである。式(15)の g の表示を式(19)に代入すると、

$$n_{II} = \left[\frac{t_{1-\gamma/2}(n_I - 2)}{D(1-\gamma, n_I, l)} \right]^2 \frac{l+1}{2l-1} n_I \dots\dots\dots (20)$$

上式が平行直線形信頼区間を用いた場合の傾斜部と水平部への試験片配分比率を与える式である。一方、双曲線形信頼区間を用いた前報⁽¹⁾の場合には、次式が導かれている。

$$n_{II} = \frac{l+1}{2l-1} n_I \dots\dots\dots (21)$$

式(20)と式(21)を比較すると、本報の場合には $(t_{1-\gamma/2}/D)^2$ なる因子の分だけ前報の結果と異なっている。次章で示されるように $(t_{1-\gamma/2}/D)^2$ は一般に 1 より小さい。

5. 数値計算結果と考察

式(20)を用いて n_I と n_{II} の関係を数値的に調べた。信頼区間の信頼係数は $1-\gamma=0.95$ とした。 $D(1-\gamma, n_I, l)$ の値は Bowden らの論文⁽⁴⁾に与えられている数表を参照して求めた。この数表は ρ などいくつかのパラメータを用いて表されているが、本問題で必要とするパラメータ値にちょうど一致する欄がない場合には、直線補間によって D を求め、その値のまわりで D を変化させて式(6)左辺の積分を数値積分によって求め、正確な D の値を得るようにした。このようにして得られた n_I と n_{II} の関係を図4に示す。図4において、右上りの実線は傾斜部の一応力レベル当りの試験片数 m をパラメータとして n_I と n_{II} の関係を示し

た線である。例えば、 $m=2$ の線上で $n_I=8$ に対応する n_{II} は 4.1 であるが、これは傾斜部で一応力レベル当り 2 個として計 8 個試験する場合、水平部では 4.1 個 (実際には 4 捨 5 入して 4 個) 試験すれば、傾斜部と水平部の信頼区間の幅が等しくなることを意味している。図4において点線は傾斜部での試験応力レベルの数 l をパラメータとして、 n_I と n_{II} の関係を示した線である。 m をパラメータとした場合も l をパラメータとした場合も、式(20)からわかるように数式上は n_I と n_{II} は直線関係にないが、実質的にはほとんど直線関係になっていることが図4からわかる。図4の右下りの直線は、 $n = n_I + n_{II}$ 一定の関係を表した直線である。例えば $m=2$ の線と $n=15$ の直線の交点は $n_I=10.1$, $n_{II}=4.9$ であるから、S-N 試験に供し得る試験片総数が 15 個と与えられた時、傾斜部に 10 個 (ただし一応力レベル当り 2 個として)、水平部に 5 個配分すれば、傾斜部と水平部の信頼区間の幅が等しくなる。試験片総数 n が与えられた時、これを傾斜部と水平部にどのように振り分ければよいかを、上記のように図4を用いて調べた結果を表1に示した。実際の見地から n の上限は 20 とし、 $n \geq 21$ の場合は表から除いた。また、小標本ステアケース法を行うには最小限 4 個の試験片が必要とされているので⁽⁶⁾⁽⁷⁾、この条件を満たさない場合も除いた。

図5は双曲線形信頼区間を用いた前報の結果と平行直線形信頼区間を用いた本報の結果を比較したものである。ただし、図が見にくくならないように、 l をパラメータとする線は除いた。図5より次のことがわかる。

図4 平行直線形信頼区間を用いた場合の傾斜部と水平部への試験片配分線図
(n_I , n_{II} はそれぞれ傾斜部と水平部へ配分する試験片数, m は傾斜部の一応力レベル当りの試験片数, l は傾斜部の試験応力レベル数, n は試験片総数, $1-\gamma$ は信頼係数)

すなわち、 n_I と n_{II} の関係はいずれの形の信頼区間の場合にも定性的にはよく似ており、また定量的にも極めて大きな相違はないが、平行直線形信頼区間を用いた場合のほうが n_{II} が若干少なくてよい（ただし、 n_I と m は同じとして比較）。例えば、双曲線形信頼区間の場合 $n_I=8$ （ただし $m=2$ ）とすると $n_{II}=6$ 、したがって $n=n_I+n_{II}=14$ であるが、平行直線形信頼区間の場合には $n_I=8$ （ただし $m=2$ ）の時 $n_{II}=4$ 、したがって $n=n_I+n_{II}=12$ となる。水平部の試験片数が少なくなることは、総試験時間の短縮に寄与するところが

大きいので、この点からは平行直線形信頼区間に基づく試験片配分は都合がよい。ただしこの場合、信頼区間の幅そのものを式(18)により計算してみると $\delta_{II}=1.73\hat{\sigma}_s$ となり、 $(n_I=8, n_{II}=6)$ の場合の $\delta_{II}=1.41\hat{\sigma}_s$ よりも大きい。この点をさけたければ、水平部の試験片を1個増して $n_{II}=5$ とすればよいであろう。この時図4より $n_{II}=10$ （ただし $m=2$ として）となり、したがって $\delta_{II}=1.46\hat{\sigma}_s$ となって、 $(n_I=8, n_{II}=6)$ の場合の $\delta_{II}=1.41\hat{\sigma}_s$ とほとんど同じになる。 $(n_I=10, n_{II}=5)$ の場合、試験片総数は $n=15$ となるが、水平部に配分す

表 1 試験片総数 n が与えられた時の傾斜部と水平部への試験片配分
(信頼係数 $1-\gamma=0.95$)

n	m=1		m=2		m=3	
	n_I	n_{II}	n_I	n_{II}	n_I	n_{II}
12	8.4	3.6	8.0	4.0		
13	9.1	3.9				
14	9.8	4.2			8.9	5.1
15	10.5	4.5	10.1	4.9		
16	11.3	4.7				
17	12.0	5.0	11.5	5.5		
18	12.7	5.3	12.3	5.7	11.8	6.2
19	13.4	5.6				
20	14.1	5.9	13.7	6.3

図 5 平行直線形信頼区間を用いた場合と双曲線形信頼区間を用いた場合の試験片配分の比較
(n_I , n_{II} はそれぞれ傾斜部と水平部へ配分する試験片数, m は傾斜部の一応力レベル当りの試験片数, l は傾斜部の試験応力レベル数, n は試験片総数)

るのは5個であるから、総試験時間の点では ($n_I=8$, $n_{II}=6$) の場合と同程度と予想される。この場合、傾斜部で5応力レベルのデータがとれるという利点もある。以上いずれにせよ、平行直線形信頼区間を用いた場合には、双曲線形信頼区間を用いた場合よりも、水平部の試験の負担を若干小さくできる。

以上では信頼区間の信頼係数を $1-\gamma=0.95$ としたが、 $1-\gamma=0.90$ とした場合についても数値計算を行ってみると、図4とほとんど同じ結果が得られる。参考のため図6にその結果を示した。また、試験片総数 n が与えられた時の n_I と n_{II} の組合せを前述のようにして図6より読取った結果を表2に示しておいた。

なお、以上では S-N 曲線の傾斜部が片対数座標上で直線に従う場合を考えたが、両対数座標上で直線に従う場合には $x=S$ の代わりに $x=\log_{10}S$ とおけば、

以上と同じ議論が成り立ち、同じ結果が導かれる。ただし、応力レベルを $\log_{10}S$ に関して等階差にすることが必要である。

6. 結 論

S-N 曲線の傾斜部と水平部の信頼区間の幅を等しくするには S-N 試験における傾斜部と水平部への試験片配分比率をいかにすべきかという著者らが前報⁽¹⁾で提起した問題に対し、本報では平行直線形信頼区間を用いた場合について検討を行い、双曲線形信頼区間を用いた前報の結果と比較した。ただし前報と同じく、傾斜部では等間隔のいくつかの応力レベルで同数個ずつ試験し、水平部では吉本⁽⁶⁾⁽⁷⁾による小標本ステアケース法を用いるものとした。本研究より次のことがわかった。

表2 試験片総数 n が与えられた時の傾斜部と水平部への試験片配分
(信頼係数 $1-\gamma=0.90$)

n	$m=1$		$m=2$		$m=3$	
	n_I	n_{II}	n_I	n_{II}	n_I	n_{II}
12	8.5	3.5	8.1	3.9		
13	9.3	3.7				
14	10.0	4.0	9.6	4.4	9.1	4.9
15	10.7	4.3	10.3	4.7		
16	11.4	4.6				
17	12.2	4.8	11.8	5.2		
18	12.9	5.1	12.5	5.5	12.1	5.9
19	13.6	5.4				
20	14.4	5.6	14.0	6.0

図6 平行直線形信頼区間を用いた場合の傾斜部と水平部への試験片配分線図

(n_I , n_{II} はそれぞれ傾斜部と水平部へ配分する試験片数, m は傾斜部の一応力レベル当りの試験片数, l は傾斜部の試験応力レベル数, n は試験片総数) (信頼係数 0.90 の場合)

(1) 平行直線形信頼区間を用いた場合、傾斜部へ配分する試験片数 n_I と水平部へ配分する試験片数 n_{II} の適切な比率は、式(20)によって与えられる。また、この式は図4のような線図によって表示される。

(2) 平行直線形信頼区間を用いた場合の配分と双曲線形信頼区間を用いた場合の配分を比較すると図5のようになり、信頼区間の形によって配分の様相が大幅に変化することはない。

(3) ただし平行直線形信頼区間を用いた場合のほうは、水平部の試験片数を若干少なくできる。例えば、双曲線形信頼区間を用いた場合の標準的な試験片数である ($n_I=8$, $n_{II}=6$) に対応するものとして、平行直線形信頼区間を用いた場合には ($n_I=8$, $n_{II}=4$) や ($n_I=10$, $n_{II}=5$) が得られる (ただしいずれも傾斜部は一応力レベル当たり2個ずつとする)。したがって、平行直線形信頼区間は水平部の試験を軽減しようとする場合の

理論的根拠となり得る。

本研究に対しご討論をいただいた本学田中栄学長に厚く感謝の意を表する。また、本研究は文部省科学研究費補助金によって行われたものであり、記して謝意を表する。なお、数値計算には本学情報処理センターを利用した。

文 献

- (1) 田中・ほか2名, 機論, 48-429, A (昭57), 573.
- (2) 日本機械学会基準 統計的疲労試験方法(JSME S 002), (昭57), 機械学会.
- (3) Gafarian, A. V., *J. Amer. Stat. Assn.*, 59(1964), 182.
- (4) Bowden, D. C. and Graybill, F. A., *J. Amer. Stat. Assn.*, 61(1966), 182.
- (5) Little, R. E. and Jebe, E. H., *Statistical Design of Fatigue Experiments*, (1975), 74, Appl. Sci. Publ.
- (6) 吉本, 機論, 26-167(昭35), 918.
- (7) 吉本, 機論, 27-197(昭36)1057.

討 論

〔質問〕 田中道七〔立命館大学理工学部〕

3・1節の仮定(3)で寿命の分散は応力によらず一定とされているが、実際の分布は付図1のように δ'_i が応力の増加とともに小さくなるような形が多いと思う。貴論文の手法をこのような場合に拡張し、その special case として δ'_i が応力によらず一定の場合も含むようにしていただければたいへん有難いがか。

〔回答〕 ご指摘の場合への拡張は今後ひきつづき研究する予定である。なお、 $\log N$ の分散が応力レベルによらず一定という近似は、本報に限らず疲労の統計

付図 1

的取扱いでは一般にかなり広く用いられている近似であるので、本報でもまずこの場合について研究した次第である。