

(研究資料)

林業試験場電算機プログラミング報告 (10)

理論分布のあてはめ(1)

椎 林 俊 昭⁽¹⁾

Toshiaki SHIBAYASHI: Report on Computer Programming (10)

—Fitting of the theoretical distribution (1)—

(Research note)

要 旨: 林業のさまざまな現象を確率論的に説明しようとする場合に、よく理論分布がもちいられる。対象となる標本分布をある母集団分布(理論分布)で近似させることができれば森林において生起するさまざまな現象の理論づけが可能になろう。

これまでの研究における例として、林分構造の推移を予測するための直径分布、天然生林内の稚樹の発生本数および動物個体数の生息密度などに適用されており、その適用範囲は多岐にわたっている。

本報告の目的は、連続量および離散量の理論分布のパラメータ(母数)の推定とそれにもとづく期待頻度の計算にいたる“あてはめ”の計算処理について、そのプログラムとその使用方法を解説し、あわせて林業試験研究のためのいろいろな理論分布プログラムのパッケージ化を完成させることにある。なお、第1報で収録した理論分布は、連続量の正規分布、シャリーエA型分布、離散量のポアソン分布、シャリーエB型分布および負の二項分布の5種類である。

1. ま え が き

度数分布は、観測データを要約して集団としての特性を把握する基礎として広く用いられており、また対象となるさまざまな現象を統計的手法で推定や予測を行う場合の基本となるものである。すなわち、観測された度数分布の理論分布がわかれば、そのパラメータ(母数)を推定または予測するだけで現在および将来の標本の分布が再現できる。

理論分布のあてはめを行う場合、対象となる変量が連続量かまたは離散量かによって適用する分布を区別することが必要であるし、それに理論分布間には対応関係、すなわちある分布のパラメータを変数変換したり、極限をとった場合には他の分布に帰着する性質のあることも留意しておかなければならない。

また、適用する理論分布は、1) 観測データの図形表示(柱状および棒状グラフ)から、2) 経験的判断にもとづいて想定されるが、3) 試行的に複数の分布を対象とするような事例もしばしば生じる。

「電子計算機による林分構成因子の予測」⁹⁾の研究では、正規分布および CHARLIER の A 型分布を用いて林分の直径分布を近似したが、後者の場合はかなりめんどろな計算を必要とした。

本報告は、林業研究のための理論分布プログラムのパッケージ化を目的とし、連続量および離散量の理論分布を対象として、そのあてはめにおける一連の計算処理を具体例を示しながら、プログラムとその使用方法を解説したものである。なお、ここで収録した理論分布名は次のとおりであるが、今後さらに追加す

る予定である。

連続量のもの

正規分布

シャールイエ A 型分布

離散量のもの

ポアソン分布

シャールイエ B 型分布

負の二項分布

なお、この報告書作成にあたって、経営部測定研究室長栗屋仁志博士ならびに主任研究官川端幸蔵氏には数々のご指導をいただいた。ここに深謝の意を表します。また、貴重なデータをご提供いただいた関西支場保護部昆虫研究室古田公人技官には厚くお礼申し上げる次第である。

2. プログラムの内容

2.1 プログラムの識別

- (a) プログラム名：TFREQ 1
- (b) 作 成 者：椎林俊昭
- (c) 作 成 年 月：昭和 52 年 6 月
- (d) 形 式：独立したプログラム
- (e) 使 用 機 器：OKITAC-4500
- (f) 言 語：FORTRAN IV

2.2 目 的

連続量および離散量の 1 変量観測データにあてはめようとする理論分布のパラメータを最尤法、積率法などによって推定し、その推定値にもとづいて確率密度、期待頻度を計算する。また、適合度の検定法としては χ^2 検定、Kolmogorov-Smirnov 検定（脚注参照）がよく知られているが、ここでは前者を用いることとした。

2.3 プログラムの機能

このプログラムでは、実行段階における各処理をすべてサヴルーチン副プログラムでおこなう方式をとっているが、このことは今後追加する予定の理論分布の収録を容易にするためである。以下にこのプログラムの機能について解説する。

一般に、分布のあてはめは、ある特定の理論分布を仮定して行われるが、目的によっては、いくつかの分布型について試行錯誤することがある。このようなケースにおいて、入力データを簡略化するために NAME カードを効果的に使用できる機能をもたせてある。

入力データの型式は、頻度分布だけに限定せず、その元となる観測データを直接入力できる機能をもたせた。したがって、連続量のデータのように階級数、級間隔が与えられていない場合には、プログラムの中で自動的に階級分類ができるようになっている。もちろん、特定の階級値の最下限および級間隔あるいは級間隔のみを指定することもできる。

理論分布のあてはめでは、データの統計量、分布の各パラメータ、そのパラメータにもとづく期待頻度

および x^2 統計量を計算する。なお、 x^2 統計量は各階級の期待度数が5以上（ただし、両端については1以上）になるように修正してから求めるようになっている。すなわち、ある階級の期待度数が5以下であれば上の階級の度数とこみにし、条件を満たすまで次々とその過程を繰り返す。また、このプログラムでは、特に計算実行中に規定した制限をこえたり、計算不能となった場合には、利用者にたいして必要なメッセージを印刷する機能をもたせてある。

3. 印刷結果および計算式

3.1 印刷結果

このプログラム TFREQ 1 を実行して得られる計算結果は、次のような5項目の見出しをつけて印刷される。以下にその内容の概略を説明する。

① *** DATA SPECIFICATION

入力データの明細。階級値、階級値の最下限および級間隔など利用者の与えた条件を印刷する。

② *** INPUT DATA MONITOR

入力データのモニタ。

③ *** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION

標本分布の諸統計量および推定されたパラメータを印刷する。

④ *** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS STATISTICS

理論分布の確率密度（または確率）、期待頻度および事後の諸統計量を印刷する。

⑤ *** TEST ON GOODNESS OF FIT

適合度の検定に必要な x^2 統計量およびその自由度を印刷する。

3.2 計 算 式

このプログラムに収録されている5種の理論分布について、それぞれの確率密度関数およびそのパラメータの推定方法を説明する。

連続量分布

① 正規分布 normal distribution

連続な確率変数 x の正規分布関数は、母平均を m 、母分散を σ^2 とするとき、

$$N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(1)$$

で表わされる。

ただし m 、 σ^2 の最尤推定値は標本平均および分散に一致し、次式から求められる。

$$m = \frac{\sum f_i x_i}{n}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum f_i x_i^2}{n-1}$$

ここで、 n は総頻度数である。

いま、(1) 式に変数変換 $u = \frac{x-m}{\sigma}$ を行くと、標準正規分布関数は、

$$N(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

となる。

一般に、標準正規分布曲線のある区間 $Z(Z_1 < Z < Z_2)$ の確率密度は次式から求められる。

$$P(Z) = \int_{Z_1}^{Z_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Z^2}{2}} dz = \int_{-\infty}^{Z_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Z^2}{2}} dz - \int_{-\infty}^{Z_1} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Z^2}{2}} dz \dots\dots\dots (3)$$

ここでは、(3) 式の各項を計算するために、HASTINGS の近似式 (4) をもちいた。この近似式の絶対誤差 $|\epsilon|$ は $|\epsilon| < 1.3 \times 10^{-7}$ でかなり精度は高く実用上支障ないと考えられる。

$$P(Z) \div 1 - \frac{1}{2} (1 + a_1 Z + a_2 Z^2 + a_3 Z^3 + a_4 Z^4 + a_5 Z^5 + a_6 Z^6)^{-16} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 a_1, a_2, \dots, a_6 は定数で次のとおりである。

- $a_1 = 0.0498673470$
- $a_2 = 0.0211410061$
- $a_3 = 0.0032776263$
- $a_4 = 0.0000380036$
- $a_5 = 0.0000488906$
- $a_6 = 0.0000053830$

② シャーリエ A 型分布 CHARLIER A type distribution

シャーリエ A 型分布関数は (2) 式の r 次の導関数をもちいて次のように定義される。

$$F(x) = \frac{1}{\sigma} \left\{ N(u) - C_3 N'''(u) + C_4 N^{(4)}(u) - \dots \right\} \dots\dots\dots (5)$$

(5) 式は無限級数で定義されているが、非常に収束の速い級数であるため、実際の計算には第3項までで十分と考えられるが、ここでは第5項まで拡張した。6次までの導関数は(2)式から次のようにして求める。

$$N(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \quad \text{ただし、} u = \frac{x-m}{\sigma}$$

$$N(u)' = -u \cdot N(u)$$

$$N(u)'' = N(u) \cdot (u^2 - 1)$$

$$N(u)''' = N(u) \cdot (-u^3 + 3u)$$

$$N(u)^{(4)} = N(u) \cdot (u^4 - 6u^2 + 3)$$

$$N(u)^{(5)} = N(u) \cdot (-u^5 + 10u^3 - 15u)$$

$$N(u)^{(6)} = N(u) \cdot (u^6 - 15u^4 + 45u^2 - 15)$$

また、係数 C_3, C_4, C_5 および C_6 は6次までの積率から次式により求められる。

$$C_3 = \frac{1}{3!} \cdot \frac{m_3}{\sigma^3} = \frac{1}{6} \cdot \frac{m_3}{m_2^{\frac{3}{2}}}$$

$$C_4 = \frac{1}{4!} \left(\frac{m_4}{\sigma^4} - 3 \right) = \frac{1}{24} \left(\frac{m_4}{m_2^2} - 3 \right)$$

$$C_5 = \frac{1}{5!} \left(\frac{m_5}{\sigma^5} - \frac{10m_3}{\sigma^3} \right) = \frac{1}{120} \left(\frac{m_5}{m_2^{\frac{5}{2}}} - \frac{10m_3}{m_2^{\frac{3}{2}}} \right)$$

$$C_6 = \frac{1}{6!} \left(\frac{m_6}{\sigma^6} - \frac{15m_4}{\sigma^4} + 30 \right) = \frac{1}{720} \left(\frac{m_6}{m_2^3} - \frac{15m_4}{m_2^2} + 30 \right)$$

ここに、 m_3, m_4, m_5 および m_6 は仮平均値まわりの積率で次式により与えられる。

$$\begin{aligned}
 m_1 &= \bar{x}_1 \\
 m_2 &= \bar{x}_2 - \bar{x}_1^2 \\
 m_3 &= \bar{x}_3 - 3\bar{x}_2 \cdot \bar{x}_1 + 2\bar{x}_1^3 \\
 m_4 &= \bar{x}_4 - 4\bar{x}_3 \bar{x}_1 + 6\bar{x}_2 \bar{x}_1^2 - 3\bar{x}_1^4 \\
 m_5 &= \bar{x}_5 - 5\bar{x}_4 \bar{x}_1 + 10\bar{x}_3 \bar{x}_1^2 - 10\bar{x}_2 \bar{x}_1^3 + 4\bar{x}_1^5 \\
 m_6 &= \bar{x}_6 - 6\bar{x}_5 \bar{x}_1 + 15\bar{x}_4 \bar{x}_1^2 - 20\bar{x}_3 \bar{x}_1^3 + 15\bar{x}_2 \bar{x}_1^4 - 5\bar{x}_1^6
 \end{aligned}$$

ただし,

$$\bar{x}_r = \frac{\sum F_i \cdot (x_i - M)^r}{\sum F_i}$$

F_i : 観測度数, x_i : コード化された階級値, M : 仮平均

離散量分布

① ポアソン分布 poisson distribution

離散的な確率変量を x ($=0, 1, 2, \dots$), 母数を λ としたときポアソン分布は次式で定義される。

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \dots\dots\dots (6)$$

いま, 母数 λ を最尤法により定めるために (6) 式より尤度を求めると (7) 式ようになる。

$$L = \prod_{i=1}^n \frac{e^{-\lambda} \lambda^{x_i}}{x_i!} \dots\dots\dots (7)$$

ここで L は尤度である。計算に便利ないように (7) 式を次のように変形する。

$$L = \lambda^{n\bar{x}} e^{-n\lambda} U$$

ここに,

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad U = \frac{1}{\prod_{i=1}^n x_i!}$$

λ を求めるために, $\frac{\delta \ln L}{\delta \lambda} = 0$ とおき, λ について解く。

$$\ln L = n\bar{x} \ln \lambda - n\lambda + \ln U$$

$$\frac{\delta \ln L}{\delta \lambda} = \frac{n\bar{x}}{\lambda} - n = 0$$

$$\therefore \lambda = \bar{x}$$

となる。すなわち, 母数 λ は標本平均 \bar{x} に一致する。したがって, ポアソン分布の確率は次式から求める。

$$\begin{cases} P(x) = e^{-\lambda} & (x=0 \text{ のとき}) \\ P(x) = \frac{\lambda}{x} P(x-1) & (x \geq 1 \text{ のとき}) \end{cases}$$

② シャーリエ B 型分布 CHARLIER B type distribution

シャーリエ B 型分布は, ポアソン分布を母関数として次のような無限級数で定義される。

$$F(x) = C_0 \psi(x) + C_1 d \psi(x) + C_2 d^2 \psi(x) + C_3 d^3 \psi(x) + \dots\dots\dots (8)$$

ここで,

$$\psi(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta\psi(x) &= \psi(x) - \psi(x-1) \\ \Delta^2\psi(x) &= \Delta\psi(x) - \Delta\psi(x-1) = \psi(x) - 2\psi(x-1) + \psi(x-2) \\ \Delta^3\psi(x) &= \Delta^2\psi(x) - \Delta^2\psi(x-1) = \psi(x) - 3\psi(x-1) + 3\psi(x-2) - \psi(x-3) \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \dots(9)$$

$\Delta^k\psi(x)$ は、関数 ψ の第 k 階差分

(8) 式の係数 C_i は次の連立方程式を解くことで決められる。ただし、ここでは (8) 式の 4 項までをもちいて期待頻度を計算することとした。

$$\left. \begin{aligned} \sum \{C_0\psi(x) + C_1\Delta\psi(x) + C_2\Delta^2\psi(x) + C_3\Delta^3\psi(x)\} &= \sum f(x) \quad (=1) \\ \sum x \{C_0\psi(x) + C_1\Delta\psi(x) + C_2\Delta^2\psi(x) + C_3\Delta^3\psi(x)\} &= \sum xf(x) \quad (=m_1') \\ \sum x^2 \{C_0\psi(x) + C_1\Delta\psi(x) + C_2\Delta^2\psi(x) + C_3\Delta^3\psi(x)\} &= \sum x^2f(x) \quad (=m_2') \\ \sum x^3 \{C_0\psi(x) + C_1\Delta\psi(x) + C_2\Delta^2\psi(x) + C_3\Delta^3\psi(x)\} &= \sum x^3f(x) \quad (=m_3') \end{aligned} \right\} \dots(10)$$

ここでは、 $f(x)$ は観測で得られた相対度数である。

式 (10) の両辺はともに積率で、左辺はシャーリエ B 型分布の、右辺は観測された度数分布の積率である。

ここで、ポアソン分布の k 次の積率は定義から

$$\mu_k' = \sum x^k \cdot \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = \lambda \left\{ \mu_{k-1}' + \binom{k-1}{1} \mu_{k-2}' + \binom{k-2}{2} \mu_{k-3}' + \dots + \mu_0' \right\} \dots(11)$$

$$\text{ただし、} \mu_0' = \sum \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = 1$$

連立方程式の解を消去法で求めるために左辺の係数行列を次のように変形する。

式 (11) を用いて、

$$\begin{aligned} \sum \psi(x) &= 1 \\ \sum x\psi(x) &= \lambda \\ \sum x^2\psi(x) &= \lambda(\lambda+1) \\ \sum x^3\psi(x) &= \lambda(\lambda^2+3\lambda+1) \end{aligned}$$

さらに、

$$\begin{aligned} \sum \Delta\psi(x) &= \sum \psi(x) - \sum \psi(x-1) = 1 - 1 = 0 \\ \sum x\Delta\psi(x) &= \sum x\{\psi(x) - \psi(x-1)\} = \sum x\psi(x) - \sum \{(x-1)\psi(x-1) + \psi(x-1)\} \\ &= \lambda - \lambda - 1 = -1 \\ \sum x^2\Delta\psi(x) &= \sum x^2\{\psi(x) - \psi(x-1)\} \\ &= \sum x^2\psi(x) - \sum (x-1)^2\psi(x-1) - 2\sum (x-1)\psi(x-1) - \sum \psi(x-1) \\ &= (\lambda + \lambda^2) - (\lambda + \lambda^2) - 2\lambda - 1 = -2\lambda - 1 \\ \sum x^3\Delta\psi(x) &= \sum x^3\{\psi(x) - \psi(x-1)\} \\ &= \sum x^3\psi(x) - \sum (x-1)^3\psi(x-1) \\ &\quad - 3\sum (x-1)^2\psi(x-1) - 3\sum (x-1)\psi(x-1) - \sum \psi(x-1) \\ &= (\lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda) - (\lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda) - (3\lambda^2 + 3\lambda) - 3\lambda - 1 \\ &= -3\lambda^2 - 6\lambda - 1 \end{aligned}$$

以下、順次変形していくと、式 (10) の連立方程式の係数行列は次のようになる。

	$\psi(x)$	$\Delta\psi(x)$	$\Delta^2\psi(x)$	$\Delta^3\psi(x)$
1	1	0	0	0
x	λ	-1	0	0
x^2	$\lambda^2 + \lambda$	$-2\lambda - 1$	2	0
x^3	$\lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda$	$-3\lambda^2 - 6\lambda - 1$	$6\lambda + 6$	-6

これを (10) 式に代入すると、

$$\left. \begin{aligned} C_0 &= 1 \\ C_0\lambda - C_1 &= m_1' \\ C_0(\lambda^2 + \lambda) - C_1(2\lambda + 1) + 2C_2 &= m_2' \\ C_0(\lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda) - C_1(3\lambda^2 + 6\lambda + 1) + C_2(6\lambda + 6) - 6C_3 &= m_3' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(12)$$

となる。

いま、 $\lambda = m_1'$ とおくと平均値 λ まわりの 2 次、3 次の積率は次式から求められる。

$$\begin{aligned} m_2 &= m_2' - m_1'^2 \\ m_3 &= m_3' - 3m_2'm_1' + 2m_1'^3 \end{aligned}$$

これを式 (12) に逐次代入していけば求める解が得られる。

$$\begin{aligned} C_0 &= 1 \\ C_1 &= 0 \\ C_2 &= \frac{1}{2}(m_2 - m_1) \\ C_3 &= \frac{1}{6}(-m_3 + 3m_2 - 2m_1) \end{aligned}$$

ここで、特に C_2 は離心率 eccentricity といいい非対称な分布のパラメータとして重要である。

実際に x に対する期待頻度 $F(x)$ は次式から計算する。

$$F(x) = N \cdot \left\{ \psi(x) + \frac{1}{2}(m_2 - m_1)\Delta^2\psi(x) + \frac{1}{6}(-m_3 + 3m_2 - 2m_1)\Delta^3\psi(x) \right\}$$

$(x=0, 1, 2, \dots, n)$

ただし N は総頻度数。

③ 負の二項分布 negative binomial distribution

負の二項分布関数は、 k, P, Q を母数として次式で表わされる。

$$F(x) = \frac{(k+x-1)!}{x!(k-1)!} \left(\frac{P}{q}\right)^x \cdot \frac{1}{q^k} \dots\dots\dots(13)$$

ここで、

$$q = 1 + P$$

母数を推定する方法として、モーメント法、最尤法があるが、ここでは最適推定量が得られる場合が多い最尤法をもちいることとした。(13) 式より尤度を求めると、

$$L = \prod_{i=1}^n \frac{\Gamma(k+x_i)}{\Gamma(k)x_i!} q^{-k} \cdot \left(\frac{P}{q}\right)^{x_i} = q^{-nk} \left(\frac{P}{q}\right)^{\sum x_i} \prod_{i=1}^n \frac{\Gamma(k+x_i)}{\Gamma(k)x_i!}$$

k と P の推定量 \hat{k} , \hat{P} を求めるには,

$$\frac{\delta l_n L}{\delta k} = \frac{\delta l_n}{\delta P} = 0$$

とおき, k と P について解けば (14), (15) 式が得られる。

$$\bar{x} - \hat{k}\hat{P} = 0 \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$\sum_{x=0}^R \frac{Ax}{\hat{k}+x} - N \ln \left(1 + \frac{\bar{x}}{\hat{k}} \right) = 0 \quad \dots\dots\dots(15)$$

ここで, Ax は $x+1$ 以上の累積度数, R は標本にあらわれた x の最大値, N は標本数である。

\hat{k} の推定値をニュートン・ラフソンの逐次近似法により計算するために, その初期値として, 1 次および 2 次の積率から求められる (モーメント法とよばれている) \hat{k}_0 をもちいることにする。

$$\hat{k}_0 = \frac{\bar{x}^2}{\sigma^2 - \bar{x}}$$

(15) 式の左辺を z とおき, $z=0$ を満たすように \hat{k} を定めれば, \hat{k} は k の最尤推定量となる。いま, i 番目の \hat{k} の近似値を \hat{k}_i とすると, $i+1$ 番目の近似値は,

$$\hat{k}_{i+1} = \hat{k}_i - z(\hat{k}_i) / z'(\hat{k}_i)$$

となる。ここに,

$$Z_i' = \frac{n\bar{x}}{\hat{k}_i(\hat{k}_i + \bar{x})} - \sum_{x=0}^R \frac{Ax}{(\hat{k}_i + x)^2}$$

この収束判定は次式でおこなわれる。

$$|\hat{k}_{i+1} - \hat{k}_i| < \epsilon$$

なお, 20 回の反復で, 収束しないときにはモーメント法による推定値 \hat{k}_0 をもちいることにする。

\hat{P} は (14) 式から,

$$\hat{P} = \bar{x} / \hat{k}$$

となる。

ゆえに, 負の二項分布の確率は, 次式から求められる。

$$\begin{cases} P(x) = \hat{q}^{-k} & (x=0 \text{ のとき}) \\ P(x) = \frac{\hat{k} + x - 1}{x} \cdot \frac{\hat{P}}{\hat{q}} P(x-1) & (x \geq 1 \text{ のとき}) \end{cases}$$

4. データシートの書き方

(1) カードの種類

このプログラム TFREQ1 を実行するには次の 6 種類のカードを指定された順序にしたがってセットしなければならない。ただし, *印のカードはオプションである。

- ① TITLE カード
- ② NAME カード
- ③ PARAMETER カード
- ④ FORMAT カード*
- ⑤ DATA カード

⑥ END カード

(2) 個々のカードの書き方

① TITLE カード [A8, 2X, 35A2]

1～8 カラム：PROBLEM \cup と書く。

9～10 カラム：空白

11～80 カラム：データの名称，注釈などを書く。

② NAME カード [8(A8, 2X)]

適用する理論分布名を次に示す略称（サブルーチン名）で指定する。

分 布 名	略 称
正 規 分 布	NORMALUU
シャーリエA型分布	CHARLAUU
ポアソン分布	POISSNUU
シャーリエB型分布	CHARLBUU
負の二項分布	NGBIMLUU

\cup は，空白を意味する。

1～8 カラム：略称を書く

9～10 カラム：空白

なお，1組のデータについて，各種の理論分布をあてはめる場合には，11～18, 21～28, 31～38, …… に略称を続けて記入する。

ただし，連続量と離散量の理論分布を混在させてはならない。

③ PARAMETER カード [2I5, 2F5.0, A4]

1～5 カラム：階級数（または観測数）を書く。つまり，データを頻度分布で与える場合にはその階級数をそれ以外は観測数を書く。

6～10 カラム：データの型式を次の3種類のいずれかで指定する。データが頻度分布表における頻度（以下「頻度」という）で与える場合は1。データが頻度分布表にする前の枠ごとの観測数（たとえば，餌木に集まる成虫数，枠あたりの動物個体数などのデータで，「枠ごとの観測数」という）で与える場合は2。データが生観測値（たとえば，立木の直径，樹高測定値などのデータで，以下「測定値」という）で与える場合は3を指定する。

11～15 カラム：階級値の最下限。

16～20 カラム：級間隔。連続量の理論分布をあてはめる場合に階級値の最下限と級間隔を小数点付で指定することができる。

また，データが「観測値」の場合に，級間隔のみの指定であればデータの最小値を丸めて（級間隔の大きさに応じて）階級値と階級数を決定する。いずれの指定もなければ，観測数の平方根を階級数の第1近似としてレンジ（観測値の最大値と最小値との差）から決めていく方法をとる。ただし，この場合級間隔は1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, …… のいずれかに決定される。

離散量分布の場合は空白とし、自動的に 0, 1 を与える。

21~24 カラム：入力データの可変フォーマット指定。入力データの書式に可変フォーマットを使用する場合は、FMT \cup と指定する。プログラムで規定している標準フォーマット (⑤を参照) にしたがって記入されている場合は空白にする。

④ FORMAT カード* [10A8]

1~80 カラム：③の 21~24 カラムにおいて可変フォーマットの使用を指定した場合は、入力データの書式を示す欄記述子を記入する。—添付例参照—

したがって、標準フォーマットで記入されているデータに対してはこのカードは不用である。

⑤ DATA カード

観測データを記入する。

データの書式として、次の 2 種類の標準フォーマットがある。データを「頻度」かまたは「枠ごとの観測数」で与える場合は (16 I 5), 「観測値」で与える場合は (8F 10. 0) とする。

⑥ END カード

計算の終了を指示するカードでオールブランクのカードを一枚付ければよい。

ただし、データが幾組もあるときは①~⑤を繰り返し、一番最後にエンド・カードを付ける。

5. 使 用 例

例 1.

一般に、左偏非対称な曲線を示す連続量の標本分布に対してシャリーエ A 型分布をもちいてうまく近似できることがしばしば認められており、アカマツの同齢単純林、ヒノキ人工林などの直径階別本数分布などがその例である。例 1 は、ヒノキ人工林固定標準地 (面積 0. 504 ha, 調査時林齢 80 年) の継時調査のデータ (直径測定値) を用いてシャリーエ A 型分布とその母関数である正規分布をあてはめてみた。

ここで、最初のデータは各階級に対応した「頻度」で与えるものとし、階級値の最下限、級間隔をそれぞれ指定したケースである (無指定の場合には、自動的に 0. 0, 1. 0 をセットする)。次のケースは、データを「観測値」で与え、その書式が標準フォーマット ((8F 10. 0)) と異なる場合で可変フォーマットを使用する例である。

例 2.

次のデータは、林業試験場関西支場昆虫研究室古田公人の提供によるもので、マツ (樹高 1. 2 m) 1 本あたりの個体 (オオカマキリ) 数である。このデータをもちいてポアソン分布の使用例を示す。なお、古田によれば、オオカマキリは卵塊で産まれ、ふ化直後の集中分布から発育にともなって一様分布に変化していくが、ポアソン分布は一時的にあらわれる現象と考えられている。

x	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	14	36	16	8	5	2

ここで、 x はマツ 1 本あたりに生息するオオカマキリの数、 $f(x)$ は x 匹のオオカマキリが観測された頻度 (本数) である。

例 3.

一定の空間に発生する個体数などの分布がポアソン分布で近似できなかった場合によく負の二項分布をもちいると良好な結果がえられることがある。例として、ヒノキ天然生林内におけるヒバの稚樹発生本数の分布について示す。

資料は、木曾ヒノキ天然生林固定標準地内の 125 個のプロット (総面積 1.25 ha) を対象に観測したヒバの稚樹発生本数である。

1.25 ha 内のヒバの観測本数分布

ヒバの発生本数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	計
プロット数	60	30	14	7	6	4	2	0	0	1	0	0	0	1	125

ただし、計算に用いたデータは、「梓ごとの観測数」で与える場合の例を示すために、筆者が上の表から適当につくったものでプロット位置との対応はない。

例 4.

次のデータは RUTHERFORD と GEIGER によって得られた実験データで、放射性物質 polonium からとび出る一定時間中の α 粒子の個数を観測してのものである。

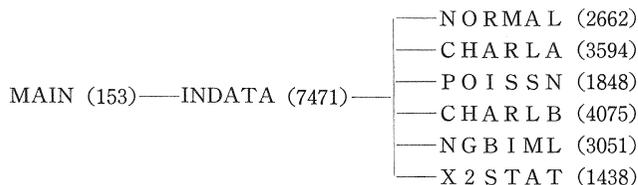
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$f(x)$	57	203	383	525	532	408	273	139	45	27	10	4	0	1	1

ここで、 x は 7.5 秒内に観測された α 粒子の数、 $f(x)$ は x 個の粒子が観測された頻度である。この観測分布をシャリーエ B 型分布で近似させる。

上記のデータ・シートの書き方を表 1. に、その計算結果を図 1.~5. に示す。

6. プログラムの構造

このプログラムは主プログラムと 7 個のサヴルーチン副プログラムから構成されており、その実行は下図に示すようなオーバーレイ構造の下で行われる。なお、このプログラムの主記憶占有数は 19990 語 (39980 バイト) でオーバーレイ構造をとらない場合は 32943 語 (65886 バイト) になる。なお、() 内の数字は必要メモリーサイズ (語) を示す。



以下にそれぞれのサヴルーチン副プログラムの機能を述べる。

INDATA : 入力データの読みこみルーチン

NORMAL : 正規分布関数の計算ルーチン

CHARLA : シャリーエ A 型分布関数の計算ルーチン

表 1. データシート

Computation Center, Institute of JUSE

DATA SHEET

PROBLEM Fitting the theoretical distribution WRITTEN BY S. Mizoguchi PAGE 1 OF 2

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25							
1	PROBLEM NORMAL CASE																															
2	↳ (必要) 入力 ↳ (5-1) 8, コメンタリー																															
3	NORMAL																															
4	↳ (理論分布の選択) ↳ (必要に応じて理論分布の選択を数値に記入してください)																															
5	1 1 1 1 1 2																															
6	↳ (理論分布) ↳ (必要) ↳ (理論分布) ↳ (必要)																															
7	2	5	5	8	13	22	16	13	14	7	4	1	0	1																		
8	↳ (5-1) 9)																															
9																																
10	PROBLEM CHARLIER A CASE																															
11	CHARLIER																															
12	1 1 1 1 1 3																															
13	↳ (理論分布) ↳ (必要) フォーマットを参照)																															
14	(1) (FS, 0)																															
15	↳ (7) フォーマット)																															
16	24	4	28	0	27	8	20	0	21	0	23	8	19	3	16	8	26	6	27	8	20	8	28	5	21	0	22	8	28	3	24	8
17	16	5	26	5	24	6	14	5	27	5	24	5	21	7	24	2	19	6	13	7	21	4	17	8	17	4	18	8	19	3	21	5
18	17	2	27	8	24	6	24	8	28	3	18	2	25	6	23	6	26	7	26	11	30	5	28	3	31	0	26	8	32	9	18	8
19	25	0	23	4	21	0	31	7	27	6	27	4	22	0	24	4	25	5	24	5	19	0	27	0	18	8	21	4	15	0	27	0
20	24	8	24	4	24	0	28	4	26	0	23	6	13	9	12	8	21	6	33	11	25	0	21	6	21	8	28	5	29	5	22	7
21	22	4	18	2	22	0	23	6	23	0	26	4	25	2	19	2	12	0	30	5	21	0	31	6	21	2	21	6	25	0	15	6
22	20	4	23	2	20	3	20	7	14	2	20	6	21	5	19	2	22	1	22	6	22	5	23	0	19	3	13	0	16	4		
23																																
24																																
25																																

図 1. 計 算 結 果

THE THEORETICAL FREQUENCY DISTRIBUTION AND ITS THE PARAMETERS

*** DATA SPECIFICATION

DATA NAME : NORMAL CASE
 DATA FORM : THE OBSERVED FREQUENCY DISTRIBUTION
 NUMBER OF CLASS 14
 CLASS INTERVAL 2.0
 CLASS LOWER LIMIT 11.0

*** INPUT DATA MONITOR

2 5 5 8 13 22 16 13 14 7 4 1 0 1

*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION

SUM OF FREQ. 111
 MEAN (LAMBDA) 23.297
 STAND. DEV. 4.970
 COEFF. OF VAR. (%) 21.333

... FITTING OF THE NORMAL DISTRIBUTION ...

*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS STATISTICS

SEQ. NO	CLASS	PROBABILITY	OBSERVED FREQ.	EXPECTED FREQ.	DIFFERENCE
1	11.000 - 13.000	0.01246	2	1.384	0.616
2	13.000 - 15.000	0.02837	5	3.150	1.850
3	15.000 - 17.000	0.05506	5	6.111	-1.111
4	17.000 - 19.000	0.09105	8	10.107	-2.107
5	19.000 - 21.000	0.12834	13	14.246	-1.246
6	21.000 - 23.000	0.15419	22	17.115	4.885
7	23.000 - 25.000	0.15790	16	17.526	-1.526
8	25.000 - 27.000	0.13782	13	15.298	-2.298
9	27.000 - 29.000	0.10253	14	11.381	2.619
10	29.000 - 31.000	0.06501	7	7.217	-0.217
11	31.000 - 33.000	0.03514	4	3.900	0.100
12	33.000 - 35.000	0.01619	1	1.797	-0.797
13	35.000 - 37.000	0.00635	0	0.705	-0.705
14	37.000 - 39.000	0.00213	1	0.236	0.764
RES		0.00747	0	0.829	-0.829

MEAN 23.502
 STAND. DEV. 5.073
 COEFF. OF VAR. (%) 21.583

*** TEST ON GOODNESS OF FIT

CHI-SQUARE STAT. 3.783
 DEGREE OF FREE. 8

図 2.

THE THEORETICAL FREQUENCY DISTRIBUTION AND ITS THE PARAMETERS

*** DATA SPECIFICATION

DATA NAME : CHARLIER A CASE
 DATA FORM : THE OBSERVED VALUES
 NUMBER OF DATA 111
 CLASS INTERVAL 0.0
 CLASS LOWER LIMIT 0.0

*** INPUT DATA MONITOR

29.400	28.000	27.800	20.000	21.000	23.800	19.300	16.800	26.600	27.800
20.800	28.500	21.000	22.800	28.300	24.800	16.500	26.500	24.600	14.500
27.500	24.500	21.700	24.200	19.600	13.700	21.400	17.800	17.400	18.800
19.300	21.500	17.200	27.800	29.600	24.800	28.300	18.200	25.600	23.600
26.700	26.100	30.500	38.300	31.000	26.800	32.900	18.800	25.000	23.400
21.000	31.700	27.600	27.400	22.000	24.400	25.500	24.500	19.000	27.000
18.800	21.400	15.000	27.000	29.800	29.400	24.000	28.400	26.000	23.600
13.900	12.800	21.600	33.100	25.000	21.600	21.800	28.500	29.500	22.700
22.400	18.200	22.000	23.600	23.000	26.400	25.200	19.200	12.000	30.500
21.000	31.600	21.200	21.600	25.000	15.600	20.400	23.200	20.300	20.700
14.200	20.600	21.500	19.200	22.100	22.600	22.500	23.000	19.300	13.000
16.400									

*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION

SUM OF FREQ.	111
MEAN	23.29729
STAND. DEV.	4.97008
COEFF. OF VAR. (%)	21.33330
2-ND MOMENT	24.47917
3-RD MOMENT	2.87065
4-TH MOMENT	1770.11000
SKEWNESS	0.02370
KURTOSIS	2.95397
CONST. 3	0.00395
CONST. 4	-0.00192
CONST. 5	0.00559
CONST. 6	-0.00071

... FITTING OF THE CHARLIER A TYPE DISTRIBUTION ...

*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS STATISTICS

SEQ.NO	CLASS	CODED CLASS	PROBABILITY	OBSERVED FREQ.	EXPECTED FREQ.	DIFFERENCE
1	11.000 - 13.000	-6	0.01358	2	1.508	0.492
2	13.000 - 15.000	-5	0.03004	5	3.334	1.666
3	15.000 - 17.000	-4	0.05521	5	6.129	-1.129
4	17.000 - 19.000	-3	0.08825	8	9.796	-1.796
5	19.000 - 21.000	-2	0.12452	13	13.822	-0.822
6	21.000 - 23.000	-1	0.15357	22	17.046	4.954
7	23.000 - 25.000	0	0.16197	16	17.978	-1.978
8	25.000 - 27.000	1	0.14317	13	15.892	-2.892
9	27.000 - 29.000	2	0.10483	14	11.636	2.364
10	29.000 - 31.000	3	0.06354	7	7.053	-0.053
11	31.000 - 33.000	4	0.03235	4	3.591	0.409
12	33.000 - 35.000	5	0.01433	1	1.591	-0.591
13	35.000 - 37.000	6	0.00583	0	0.647	-0.647
14	37.000 - 39.000	7	0.00227	1	0.252	0.748
RES			0.00654	0	0.726	-0.726
				MEAN	23.455	
				STAND. DEV.	5.021	
				COEFF. OF VAR. (%)	21.405	

*** TEST ON GOODNESS OF FIT

CHI-SQUARE STAT.	3.480
DEGREE OF FREE.	4

図 3.

THE THEORETICAL FREQUENCY DISTRIBUTION AND ITS THE PARAMETERS

*** DATA SPECIFICATION

DATA NAME : POISSON CASE
 DATA FORM : THE OBSERVED FREQUENCY DISTRIBUTION
 NUMBER OF CLASS 6
 CLASS INTERVAL 0.0
 CLASS LOWER LIMIT 0.0

*** INPUT DATA MONITOR

14 36 16 8 5 2

*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION

SUM OF FREQ. 81
 MEAN (LAMBDA) 1.506
 STAND. DEV. 1.216
 COEFF. OF VAR. (%) 80.719

... FITTING OF THE POISSON DISTRIBUTION ...

*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS STATISTICS

X	PROBABILITY	OBSERVED FREQ.	EXPECTED FREQ.	DIFFERENCE
0	0.22176	14	17.962	-3.962
1	0.33400	36	27.054	8.946
2	0.25153	16	20.374	-4.374
3	0.12628	8	10.229	-2.229
4	0.04755	5	3.852	1.148
5	0.01432	2	1.160	0.840
RES	0.00454	0	0.368	-0.368
		MEAN	1.505	
		STAND. DEV.	1.230	
		COEFF. OF VAR. (%)	81.724	

*** TEST ON GOODNESS OF FIT

CHI-SQUARE STAT. 5.745
 DEGREE OF FREE. 3

図 4.

THE THEORETICAL FREQUENCY DISTRIBUTION AND ITS THE PARAMETERS

*** DATA SPECIFICATION

DATA NAME : NEGATIVE BINOMIAL CASE
 DATA FORM : THE NUMBER OF INDIVIDUALS IN EACH QUODRATE
 NUMBER OF DATA 125
 CLASS INTERVAL 0.0
 CLASS LOWER LIMIT 0.0

*** INPUT DATA MONITOR

0	0	1	0	2	1	2	0	1	0	0	1	4	2	0	1	1	2	0	0
3	0	1	0	9	2	0	5	0	1	0	1	5	2	1	0	1	0	1	0
0	2	0	0	0	13	2	4	0	1	3	0	2	1	3	0	1	0	4	0
0	2	6	4	0	0	1	6	0	1	1	0	1	0	2	5	0	0	1	0
1	3	2	0	1	0	4	0	1	0	0	1	5	0	3	0	0	0	0	0
0	1	0	2	0	1	0	3	0	0	0	3	1	0	4	0	0	1	1	0
2	0	0	0	1															

*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION

SUM OF FREQ. 125
 MEAN (LAMBDA) 1.256
 STAND. DEV. 1.946
 COEFF. OF VAR. (%) 154.974
 K 0.70328
 P 1.78591
 Q 2.78591

--- BY MAXIMUM LIKELIHOOD METHOD

... FITTING OF THE NEGATIVE BINOMIAL DISTRIBUTION ...

*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS STATISTICS

X	PROBABILITY	OBSERVED FREQ.	EXPECTED FREQ.	DIFFERENCE
0	0.48648	60	60.810	-0.810
1	0.21932	30	27.415	2.585
2	0.11974	14	14.967	-0.967
3	0.06917	7	8.646	-1.646
4	0.04105	6	5.131	0.869
5	0.02475	4	3.094	0.906
6	0.01508	2	1.885	0.115
7	0.00926	0	1.157	-1.157
8	0.00572	0	0.714	-0.714
9	0.00354	1	0.443	0.557
10	0.00220	0	0.275	-0.275
11	0.00137	0	0.172	-0.172
12	0.00086	0	0.107	-0.107
13	0.00054	1	0.067	0.933
RES	0.00091	0	0.114	-0.114

MEAN 1.254
 STAND. DEV. 1.866
 COEFF. OF VAR. (%) 148.718

*** TEST ON GOODNESS OF FIT

CHI-SQUARE STAT. 0.786
 DEGREE OF FREE. 4

☒ 5.

THE THEORETICAL FREQUENCY DISTRIBUTION AND ITS THE PARAMETERS

*** DATA SPECIFICATION

DATA NAME : CHARLIER B CASE
 DATA FORM : THE OBSERVED FREQUENCY DISTRIBUTION
 NUMBER OF CLASS 15
 CLASS INTERVAL 0.0
 CLASS LOWER LIMIT 0.0

*** INPUT DATA MONITOR

57 203 383 525 532 408 273 139 45 27 10 4 0 1 1

*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION

SUM OF FREQ. 2608
 MEAN (LAMBDA) 3.87155
 STAND. DEV. 1.92255
 COEFF. OF VAR. (%) 49.65834
 2-ND MOMENT 18.68365
 3-RD MOMENT 104.34160
 C2 (ESSENTRICITY) -0.08839
 C3 -0.00945

... FITTING OF THE CHARLIER B TYPE DISTRIBUTION ...

*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS STATISTICS

X	PROBABILITY	OBSERVED FREQ.	EXPECTED FREQ.	DIFFERENCE
0	0.01879	57	49.000	8.000
1	0.07701	203	200.849	2.151
2	0.15492	383	404.024	-21.024
3	0.20452	525	533.381	-8.381
4	0.19974	532	520.922	11.078
5	0.15414	408	401.992	6.008
6	0.09799	273	255.546	17.454
7	0.05280	139	137.709	1.291
8	0.02463	45	64.227	-19.227
9	0.01010	27	26.334	0.666
10	0.00368	10	9.606	0.394
11	0.00121	4	3.147	0.853
12	0.00036	0	0.932	-0.932
13	0.00010	1	0.251	0.749
14	0.00002	1	0.062	0.938
RES	0.00001	0	0.018	-0.018

MEAN 3.872
 STAND. DEV. 1.923
 COEFF. OF VAR. (%) 49.658

*** TEST ON GOODNESS OF FIT

CHI-SQUARE STAT. 10.447
 DEGREE OF FREE. 7

POISSN : ポアソン分布関数の計算ルーチン

CHARLB : シャーリエB型分布関数の計算ルーチン

NGBIML : 負の二項分布関数の計算ルーチン

X2STAT : χ^2 統計量の計算ルーチン

7. 周辺機器構成

このプログラムの実行には次の周辺機器が必要である。

- (1) カードリーダー
- (2) ラインプリンタ

8. 注意事項

このプログラムでは、実行時の種々の段階において、規定した制限をこえたり、計算不能等が生じた場合には次のようなメッセージを印刷した後、引き続いて次のデータの組について計算を始める。ただし、下記以外のエラーメッセージが印刷された場合は、JOB はすべてキャンセルされる。

メ ッ セ ー ジ	意 味
ILLEGAL SPELLING	理論分布の略称 (サヴルーチン名) の指示ミス。 つづりに誤りがある。
CLASS INTERVAL UNDEFINE	階級値の最下限を指定した場合に起こるエラーで、級間隔の未定義。その逆は許される。
NUMBER OF CLASSES OVER LIMIT	階級数の制限をオーバーした。特に、未知の階級数を観測データから決定する場合に起こる。
PARAMETER K IS NEGATIVE	負の二項分布の母数 K の推定において、逐次近似、モーメント法のいずれの方法でも失敗した。
NUMBER OF CLASSES TOO LITTLE	適合度の検定に必要な χ^2 統計量と自由度の計算において自由度 $d \cdot f$ が $df \leq 0$ になった。

9. 制限事項

- 1) 階級数 ≤ 100
- 2) データ数 $\leq 2,000$

10. 計算実行時間

例1のケース	41秒, 58秒
例2のケース	23秒
例3のケース	55秒
例4のケース	37秒

〔脚 注〕

KOLMOGOROV-SMIRNOV の検定について

Kolmogorov-Smirnov の検定統計量 D_n は

$$D_n = \max_{-a < x < \infty} |F_n(x) - F(x)| \dots\dots\dots (1)$$

と表わされる。

ここで、 $F(x)$ は母集団分布関数であり、 $F_n(x)$ は標本分布関数で次式から求められる。

$$F_n(x) = \sum_{x_i < x} f_i/n$$

したがって、この検定法は、 $F_n(x)$ と $F(x)$ との差の絶対値 D_n が $P_r\{D_n \geq D_a\} = \alpha$ となる D_a より大であれば、仮説「 $H_0: F_n(x) = F(x)$ 」を棄却する。

(1) 式の統計量 D_n を計算する手順を次表に示す。なお、この検定法は連続量の場合にだけ使えるもので離散量のポアソン分布、負の二項分布などには使用できない。

KOLMOGOROV-SMIRNOV 検定の計算手順

階級 x_i	標 本 の			母 集 団 の			$CP_i - Cq_i$	$D_n = \max CP_i - Cq_i $
	度 数	相対度数	累積相対度数	度 数	相対度数	累積相対度数		
x_1	f_1	$f_1/N = P_1$	$P_1 = CP_1$	f_{m1}	$f_{m1}/M = q_1$	$q_1 = Cq_1$		
x_2	f_2	$f_2/N = P_2$	$P_1 + P_2 = CP_2$	f_{m2}	$f_{m2}/M = q_2$	$q_1 + q_2 = Cq_2$		
x_3	f_3	$f_3/N = P_3$	$P_1 + P_2 + P_3 = CP_3$	f_{m3}	$f_{m3}/M = q_3$	$q_1 + q_2 + q_3 = Cq_3$		
x_4	f_4	$f_4/N = P_4$	\vdots	f_{m4}	$f_{m4}/M = q_4$	\vdots		
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		
x_i	f_i	$f_i/N = P_i$	$P_1 + \dots + P_i = CP_i$	f_{mi}	$f_{mi}/M = q_i$	$q_1 + \dots + q_i = Cq_i$		
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		
x_n	f_n	$f_n/N = P_n$	$P_1 + \dots + P_n = CP_n$	f_{mn}	$f_{mn}/M = q_m$	$q_1 + \dots + q_n = Cq_n$		
計	$\sum f_i = N$			$\sum f_{mi} = M$				

KOLMOGOROV-SMIRNOV 検定 (D_a)

標 本 数 N	有 意 水 準		標 本 数 N	有 意 水 準		標 本 数 N	有 意 水 準	
	5 %	1 %		5 %	1 %		5 %	1 %
1	0.975	0.995	11	0.391	0.468	25	0.27	0.32
2	0.842	0.929	12	0.375	0.450	30	0.24	0.29
3	0.708	0.828	13	0.361	0.433	35	0.23	0.27
4	0.624	0.733	14	0.349	0.418			
5	0.565	0.669	15	0.338	0.404			
6	0.521	0.618	16	0.328	0.392	35以上	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$
7	0.486	0.577	17	0.318	0.381			
8	0.457	0.543	18	0.309	0.371			
9	0.432	0.514	19	0.301	0.363			
10	0.410	0.490	20	0.294	0.356			

F. J. MASSEY ; Journal of the American Statistical Association Vol. 46, p. 68, 1951.

文 献

- 1) 小笠原正己訳：ウイルクス数理統計学，育文社，(1967)
- 2) 佐藤良一郎：数理統計学，培風館，(1943)
- 3) 塩見正衛：負の二項分布とポアソン分布のあてはめ，農林研究計算センター報告，(1970)
- 4) 椎林俊昭：シャールイエA型分布のあてはめ，同上，(1975)
- 5) ————：電子計算機による将来の林分構成因子の予測(1)，日林関支構，(1976)
- 6) 西沢正久・川端幸蔵：ヒノキ天然生林におけるヒバ稚樹発生本数の分布，林試年報，(1966)
- 7) BLISS, C. I. : Fitting the negative binomial distribution to biological data, BIOMETRICS, (1953)
- 8) FISHER, A. : The mathematical theory of probabilities, MACMILLAN (New York), (1922)

Report on Computer Programming (10)
—Fitting of the theoretical distribution (1)—
(Reserch note)

Toshiaki SHIBAYASHI⁽¹⁾

Summary

The frequency distribution is often used to summarize the observed univariate data and to understand its characteristics as a group.

It is also important as the basical information in the estimation and prediction of various phenomina through the statistical methods.

In this program parameter of the theoretical probability distributions, both of the continuous and the discrete univariate data are applied for the estimation through the moment method and the method of maximum likelihood.

Probability density and expected frequency are obtained from the estimator.

This report shows the program package for various theoretical probability distributions for use of Forestry and Forest Product Institute. Theoretical probability distributions, adopted in the first series are as follows :

normal distribution function

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

charlier A type distribution function

$$F(x) = a_0\phi_0(x) + a_3\phi_3(x) + a_4\phi_4(x) + \dots$$

$$\text{where } \phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}, \quad \phi_n(x) = \frac{d^n}{dx^n} \phi_0(x)$$

poisson distribution function

$$F(x) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!}$$

charlier B type distribution function

$$F(x) = C_0\psi(x) + C_1\Delta\psi(x) + C_2\Delta^2\psi(x) + C_3\Delta^3\psi(x) + \dots$$

$$\text{where } \psi(x) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!}$$

$$\Delta^k(x_i) = \Delta^{k-1}\psi(x_{i+1}) - \Delta^{k-1}\psi(x_i)$$

negative binomial distribution function

$$F(x) = \frac{(k+x-1)!}{x!(k-1)!} \left(\frac{p}{q}\right) \frac{1}{q^k}$$

Received December 19, 1978

(1) Forest Management Division

図 6. プログラム リスト

```

                                OKITAC 4500  FORTRAN  SOURCE PROGRAM LIST                                PAGE 0001
LINE NO.      STATEMENT
0001          C      -----
0002          C      MAIN PROGRAM <TFREQ1>
0003          C      -----
0004          C      CODED BY T,SHIIBAYASHI  JULY,1977
0005          C      *** THE THEORETICAL DISTRIBUTION FUNCTIONS PROGRAM PACKAGE (1)
0006          C      CONTINUOUS DISTRIBUTIONS
0007          C      1) THE NORMAL DISTRIBUTION
0008          C      2) THE CHARLIER A TYPE DISTRIBUTION
0009          C      DISCRETE DISTRIBUTIONS
0010          C      1) THE POISSON DISTRIBUTION
0011          C      2) THE CHARLIER B TYPE DISTRIBUTION
0012          C      3) THE NEGATIVE BINOMIAL DISTRIBUTION
0013          C      COMMON NCLAS,XMIN,NPRM,PITCH,IFREQ,TFREQ,P,IREP
0014          C      DIMENSION IFREQ(102),TFREQ(102),P(102)
0015          C      300 IREP=0
0016          C      302 IREP=IREP+1
0017          C      CALL INDATA( $100,$102,$104,$106,$108,$300 )
0018          C      100 CALL NORMAL( $110 )
0019          C      102 CALL CHARLA( $110 )
0020          C      104 CALL POISSN( $110 )
0021          C      106 CALL CHARLB( $110 )
0022          C      108 CALL NGB1ML( $302 )
0023          C      110 CALL X2STAT( $302 )
0024          C      STOP
0025          C      END
FR000010
FR000020
FR000030
FR000040
FR000050
FR000060
FR000070
FR000080
FR000090
FR000100
FR000110
FR000120
FR000130
FR000140
FR000150
FR000160
FR000170
FR000180
FR000190
FR000200
FR000210
FR000220
FR000230
FR000240
FR000250

```

6. (つづき)

```

                                OKITAC 4500  FORTRAN  SOURCE PROGRAM LIST                                PAGE 0002
LINE NO.  STATEMENT
0001      C      -----
0002      SUBROUTINE INDATA( *,*,*,*,*,* )
0003      C      -----
0004      COMMON NCLAS,XMIN,NPRM,PITCH,IFREQ,TFREQ,P,IREP
0005      DIMENSION TITLE(35),FMT(10),IFREQ(102),TFREQ(102),P(102)
0006      1      ,DNAME(5),FNAME(8),IBUFF(4000),BUFFER(2000)
0007      INTEGER TITLE
0008      DOUBLE PRECISION FMT,FMT1,FMT2,EPC,PROBLM,HPROR,DNAME,FNAME,BLNK
0009      EQUIVALENCE ( NCLAS,NDATA ),( IBUFF(1),BUFFER(1) )
0010      DATA DNAME/6HNORMAL,6HCHARLA,6HPOISSN,6HCHARLB,6HNGBIML/
0011      DATA BLNK/8H      /,FMT1/8H( 1615 ),FMT2/8H(8F10.0)/,EPC/1.0-6/
0012      +      ,HPROR/8HPROBLEM /,VFMT/4HFMT /
0013      60 FORMAT(1H1,30X,61HTHE THEORETICAL FREQUENCY DISTRIBUTION AND ITS TFRQ10130
0014      1HE PARAMETERS//1H0,5X,22H*** DATA SPECIFICATION//16X,12HDATA NAME FRQ10140
0015      2: ,35A2/16X,12HDATA FORM : )
0016      61 FORMAT(1H*,27X,35HTHE OBSERVED FREQUENCY DISTRIBUTION/16X,19HNUMBERFRQ10160
0017      1R OF CLASS      ,I5)
0018      62 FORMAT(1H*,27X,42HTHE NUMBER OF INDIVIDUALS IN EACH QUODRATE/16X,1FRQ10180
0019      19HNUMBER OF DATA      ,I5)
0020      63 FORMAT(1H*,27X,19HTHE OBSERVED VALUES/16X,14HNUMBER OF DATA,I10)
0021      64 FORMAT(1H ,15X,17HCLASS INTERVAL ,F7.1/16X,17HCLASS LOWER LIMIT,FRQ10210
0022      1F7.1//6X,22H*** INPUT DATA MONITOR/)
0023      65 FORMAT(11X,20I5)
0024      66 FORMAT(11X,10F10.3)
0025      67 FORMAT(//10X,22HILLEGAL SPELLING ??? ,AB)
0026      IF(IREP.EQ.1) GO TO 1000
0027      IF(FNAME(IREP).EQ.BLNK) RETURN 6
0028      NCLAS=NC
0029      NDATA=N
0030      CMIN=CC
0031      PITCH=PP
0032      GO TO 2000
0033      1000 READ(5,500) PROBLM,(TITLE(I),I=1,35)
0034      C      -----
0035      500 FORMAT( A8,2X,35A2 )
0036      IF(PROBLM.NE.HPROR) STOP
0037      READ(5,502) (FNAME(I),I=1,8)
0038      C      -----
0039      502 FORMAT( 8(A8,2X) )
0040      READ(5,503) NCLAS,INTYP,CMIN,PITCH,AFMT
0041      C      -----
0042      CC=CMIN
0043      PP=PITCH
0044      503 FORMAT( 2I5,2F5.0,A4 )
0045      2000 WRITE(6,60) (TITLE(I),I=1,35)
0046      IF(INTYP.EQ.1) WRITE(6,61) NCLAS
0047      IF(INTYP.EQ.2) WRITE(6,62) NDATA
0048      IF(INTYP.EQ.3) WRITE(6,63) NDATA
0049      N=NDATA
0050      NC=NCLAS
FRQ10010
FRQ10020
FRQ10030
FRQ10040
FRQ10050
FRQ10060
FRQ10070
FRQ10080
FRQ10090
FRQ10100
FRQ10110
FRQ10120
FRQ10130
FRQ10140
FRQ10150
FRQ10160
FRQ10170
FRQ10180
FRQ10190
FRQ10200
FRQ10210
FRQ10220
FRQ10230
FRQ10240
FRQ10250
FRQ10251
FRQ10260
FRQ10261
FRQ10262
FRQ10263
FRQ10264
FRQ10270
FRQ10280
FRQ10290
FRQ10300
FRQ10310
FRQ10320
FRQ10330
FRQ10340
FRQ10350
FRQ10360
FRQ10361
FRQ10362
FRQ10370
FRQ10380
FRQ10390
FRQ10400
FRQ10410
FRQ10420
FRQ10421
FRQ10421

```

LINE NO.	STATEMENT	
0051	WRITE(6,64) PITCH,CMIN	FRQ10430
0052	IF(IREP.GT.1) GO TO (1010,1020,1030),INTYP	FRQ10431
0053	DO 1 I=1,10	FRQ10440
0054	FMT(I)=BLANK	FRQ10450
0055	1 CONTINUE	FRQ10460
0056	IF(INTYP.EQ.3) GO TO 2	FRQ10470
0057	FMT(1)=FMT1	FRQ10480
0058	IF(AFMT.EQ.VFMT) READ(5,504) (FMT(I),I=1,10)	FRQ10490
0059	=====	FRQ10500
0060	C 504 FORMAT(10A8)	FRQ10510
0061	2 GO TO (1001,1002,1003),INTYP	FRQ10520
0062	1001 READ(5,FMT) (IFREQ(I),I=1,NCLAS)	FRQ10530
0063	C -----	FRQ10540
0064	1010 IF(CMIN.NE.0.) GO TO 3	FRQ10550
0065	XMIN=0.	FRQ10560
0066	IF(PITCH.EQ.0.) PITCH=1.	FRQ10570
0067	GO TO 2001	FRQ10580
0068	3 IF(PITCH.EQ.0.) GO TO 4	FRQ10590
0069	XMIN=CMIN	FRQ10600
0070	GO TO 2001	FRQ10610
0071	4 WRITE(6,600)	FRQ10620
0072	600 FORMAT(///6X,25H"CLASS INTERVAL UNDEFINE")	FRQ10630
0073	RETURN 6	FRQ10640
0074	1002 CONTINUE	FRQ10650
0075	READ(5,FMT) (IBUFF(J),J=1,NDATA)	FRQ10660
0076	C -----	FRQ10670
0077	1020 WRITE(6,65) (IBUFF(J),J=1,NDATA)	FRQ10680
0078	MAX=IBUFF(1)	FRQ10690
0079	MIN=IBUFF(1)	FRQ10700
0080	DO 6 J=2,NDATA	FRQ10710
0081	IF(MAX.LT.IBUFF(J)) MAX=IBUFF(J)	FRQ10720
0082	IF(MIN.GT.IBUFF(J)) MIN=IBUFF(J)	FRQ10730
0083	6 CONTINUE	FRQ10740
0084	NCLAS=MAX+1	FRQ10750
0085	IF(NCLAS.LE.100) GO TO 8	FRQ10760
0086	101 WRITE(6,602) NCLAS	FRQ10770
0087	602 FORMAT(///6X,30H"NUMBER OF CLASSES OVER LIMIT",I5)	FRQ10780
0088	RETURN 6	FRQ10790
0089	8 DO 9 I=1,NCLAS	FRQ10800
0090	IFREQ(I)=0	FRQ10810
0091	9 CONTINUE	FRQ10820
0092	DO 10 J=1,N	FRQ10830
0093	K=IBUFF(J)	FRQ10840
0094	IFREQ(K+1)=IFREQ(K)+1	FRQ10850
0095	10 CONTINUE	FRQ10860
0096	GO TO 1010	FRQ10870
0097	1003 CONTINUE	FRQ10880
0098	FMT(1)=FMT2	FRQ10890
0099	IF(AFMT.EQ.VFMT) READ(5,504) (FMT(I),I=1,10)	FRQ10900
0100	C =====	FRQ10910

図 6. (つづき)

LINE NO.	STATEMENT	PAGE 0004
0101	READ(5,FMT) (BUFFER(J),J=1,NDATA)	FRQ10920
0102	-----	FRQ10930
0103	C 1030 WRITE(6,66) (BUFFER(J),J=1,NDATA)	FRQ10940
0104	XMAX=BUFFER(1)	FRQ10950
0105	XMIN=BUFFER(1)	FRQ10960
0106	DO 12 J=2,NDATA	FRQ10970
0107	IF(XMAX.LT.BUFFER(J)) XMAX=BUFFER(J)	FRQ10980
0108	IF(XMIN.GT.BUFFER(J)) XMIN=BUFFER(J)	FRQ10990
0109	12 CONTINUE	FRQ11000
0110	FIND=1.	FRQ11010
0111	IND=0	FRQ11020
0112	IF(PITCH.NE.0.) GO TO 102	FRQ11030
0113	FN=NDATA	FRQ11040
0114	NCLAS=SQRT(FN)	FRQ11050
0115	PITCH=(XMAX-XMIN)/FLOAT(NCLAS)	FRQ11060
0116	IF(PITCH-FIND) 21,23,23	FRQ11070
0117	21 IND=IND-1	FRQ11080
0118	FIND=FIND/10.	FRQ11090
0119	IF(PITCH-FIND) 21,24,24	FRQ11100
0120	22 IND=IND+1	FRQ11110
0121	23 FIND=FIND*10.	FRQ11120
0122	IF(PITCH-FIND) 24,22,22	FRQ11130
0123	24 FIND=10.**IND	FRQ11140
0124	IF(PITCH-1.5*FIND) 27,25,25	FRQ11150
0125	25 IF(PITCH-3.5*FIND) 28,26,26	FRQ11160
0126	26 IF(PITCH-7.5*FIND) 29,30,30	FRQ11170
0127	27 PITCH=FIND	FRQ11180
0128	GO TO 31	FRQ11190
0129	28 PITCH=FIND*2.	FRQ11200
0130	GO TO 31	FRQ11210
0131	29 PITCH=FIND*5.	FRQ11220
0132	GO TO 31	FRQ11230
0133	30 PITCH=FIND*10.	FRQ11240
0134	FIND=FIND*10.	FRQ11250
0135	31 NCLAS=(XMAX-XMIN)/PITCH+1.	FRQ11260
0136	IF(NCLAS.GT.100) GO TO 101	FRQ11270
0137	XMIN=XMIN-PITCH*0.5	FRQ11280
0138	M=XMIN/FIND+0.5	FRQ11290
0139	XMIN=FLOAT(M)*FIND	FRQ11300
0140	GO TO 37	FRQ11310
0141	102 IF(CMIN.EQ.0.) GO TO 103	FRQ11320
0142	XMIN=CMIN	FRQ11330
0143	GO TO 104	FRQ11340
0144	103 IF(PITCH-FIND) 32,34,34	FRQ11350
0145	32 IND=IND-1	FRQ11360
0146	FIND=FIND/10.	FRQ11370
0147	IF(PITCH-FIND) 32,35,35	FRQ11380
0148	33 IND=IND+1	FRQ11390
0149	34 FIND=FIND*10.	FRQ11400
0150	IF(PITCH-FIND) 35,33,33	FRQ11410

LINE NO.	STATEMENT	
0151	35 FIND=10.**IND	FR011420
0152	XMIN=XMIN-PITCH*0.5	FR011430
0153	H=XMIN/FIND*0.5	FR011440
0154	XMIN=FLOAT(N)*FIND	FR011450
0155	104 NCLAS=0	FR011460
0156	DO 36 J=1,N	FR011470
0157	K=(BUFFER(J)+EPC-XMIN)/PITCH+1.	FR011480
0158	IF(K.GT.NCLAS) NCLAS=K	FR011490
0159	36 CONTINUE	FR011500
0160	IF(NCLAS.GT.100) GO TO 101	FR011510
0161	37 DO 38 I=1,NCLAS	FR011520
0162	IFREQ(I)=0	FR011530
0163	38 CONTINUE	FR011540
0164	DO 39 J=1,N	FR011550
0165	K=(BUFFER(J)+EPC-XMIN)/PITCH+1.	FR011560
0166	IFREQ(K)=IFREQ(K)+1	FR011570
0167	39 CONTINUE	FR011580
0168	2001 IF(INTYP.EQ.1) WRITE(6,65) (IFREQ(J),J=1,NCLAS)	FR011590
0169	DO 40 I=1,5	FR011620
0170	IF(FNAME(IREP).EQ.DNAME(I)) GO TO (91,92,93,94,95),I	FR011630
0171	40 CONTINUE	FR011640
0172	WRITE(6,67) FNAME(IREP)	FR011650
0173	STOP	FR011660
0174	91 RETURN 1	FR011670
0175	92 RETURN 2	FR011680
0176	93 RETURN 3	FR011690
0177	94 RETURN 4	FR011700
0178	95 RETURN 5	FR011710
0179	END	FR011730

図 6. (つづき)

```

                                OKITAC 4500  FORTRAN  SOURCE PROGRAM LIST                                PAGE 0006
LINE NO.  STATEMENT
0001      C  -----
0002      SUBROUTINE NORMAL( * )
0003      C  -----
0004      COMMON NCLAS,XMIN,NPRM,PITCH,IFREQ,IFREQ,P,IREP
0005      DIMENSION IFREQ(102),TFREQ(102),P(102)
0006      DOUBLE PRECISION SF,SFX1,SFX2,Z1,ZJ,Z,A(6),SUMP
0007      DATA A/0.498673470D-1, 0.211410061D-1, 0.32776263D-2
0008      1      ,0.380036D-4      , 0.488906D-4      , 0.53830D-5 /
0009      PR0B(Z)=1.D0-(1.D0+A(1)*Z+A(2)*Z**2+A(3)*Z**3+A(4)*Z**4
0010      1      +A(5)*Z**5+A(6)*Z**6)**(-16)/2.D0
0011      NPRM=2
0012      SF=0.
0013      SFX1=0.
0014      SFX2=0.
0015      XI=XMIN-PITCH
0016      XJ=XMIN
0017      DO 1 I=1,NCLAS
0018      XI=XI+PITCH
0019      XJ=XJ+PITCH
0020      X=(XI+XJ)/2.
0021      FI=IFREQ(I)
0022      SF=SF+FI
0023      SFX1=SFX1+FI*X
0024      SFX2=SFX2+FI*X*X
0025      1 CONTINUE
0026      ISF=SF
0027      FX1BA=SFX1/ISF
0028      SIGMA=DSORT((SFX2-SFX1*SFX1/SF)/(SF-1.D0))
0029      CV=SIGMA/FX1BA*100.
0030      XI=XMIN-PITCH
0031      XJ=XMIN
0032      DO 2 I=1,NCLAS
0033      XI=XI+PITCH
0034      XJ=XJ+PITCH
0035      ZI=ABS((XI-FX1BA)/SIGMA)
0036      ZJ=ABS((XJ-FX1BA)/SIGMA)
0037      PI=PR0B(ZI)
0038      PJ=PR0B(ZJ)
0039      IF(XI.LT.FX1BA) PI=1.-PI
0040      IF(XJ.LT.FX1BA) PJ=1.-PJ
0041      P(I)=PJ-PI
0042      TFREQ(I)=SF*P(I)
0043      2 CONTINUE
0044      WRITE(6,606) ISF,FX1BA,SIGMA,CV
0045      606 FORMAT(/6X,43H*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION//16X,12FRQ20440
0046      1HSUM OF FREQ.,6X,113/16X,13HMEAN (LAMBDA),5X,F13.3/16X,11HSTAND. DFRQ20450
0047      2EV.,7X,F13.3/16X,18HCOEFF. OF VAR. (%),F13.3/)
0048      WRITE(6,607)
0049      607 FORMAT(/30X,42H... FITTING OF THE NORMAL DISTRIBUTION ...)
0050      WRITE(6,608)

```

LINE NO.	STATEMENT	
0051	608 FORMAT(/,6X,60H*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS	SFRQ20500
0052	1TATISTICS//9X,7HSEQ. NO,8X,5HCLASS,9X,11HPROBABILITY,3X,14HOBSERVE	FRQ20510
0053	2D FREQ.,3X,14HEXPECTED FREQ.,3X,10HDIFFERENCE/)	FRQ20520
0054	SUMP=0.00	FRQ20524
0055	IRES=NCLAS+1	FRQ20530
0056	SF=0.	FRQ20540
0057	SFX1=0.	FRQ20550
0058	SFX2=0.	FRQ20560
0059	CLS1=XMIN-PITCH	FRQ20570
0060	CLS2=XMIN	FRQ20580
0061	DO 3 I=1,NCLAS	FRQ20590
0062	CLS1=CLS1+PITCH	FRQ20600
0063	CLS2=CLS2+PITCH	FRQ20610
0064	CMARK=(CLS1+CLS2)/2.	FRQ20612
0065	SUMP=SUMP+P(I)	FRQ20620
0066	SF=SFX+TFREQ(I)	FRQ20630
0067	SFX1=SFX1+CMARK*TFREQ(I)	FRQ20640
0068	SFX2=SFX2+CMARK*CMARK*TFREQ(I)	FRQ20650
0069	DIF=FLOAT(IFREQ(I))-TFREQ(I)	FRQ20660
0070	WRITE(6,612) I,CLS1,CLS2,P(I),IFREQ(I),TFREQ(I),DIF	FRQ20670
0071	612 FORMAT(9X,15,F10.3,3H - ,F8.3,4X,F9.5,8X,15,9X,F9.3,7X,F9.3)	FRQ20680
0072	3 CONTINUE	FRQ20681
0073	X=(CLS1+CLS2+2.*PITCH)/2.	FRQ20682
0074	P(IRES)=1.00-SUMP	FRQ20683
0075	TFREQ(IRES)=FLOAT(ISF)*P(IRES)	FRQ20684
0076	DIF=-TFREQ(IRES)	FRQ20685
0077	WRITE(6,613) P(IRES),TFREQ(IRES),DIF	FRQ20686
0078	613 FORMAT(11X,3HRES,25X,F9.5,12X,1H0,9X,F9.3,7X,F9.3)	FRQ20687
0079	SF=SFX+TFREQ(IRES)	FRQ20688
0080	SFX1=SFX1+TFREQ(IRES)*X	FRQ20689
0081	SFX2=SFX2+TFREQ(IRES)*X**2	FRQ20690
0082	TFX1BA=SFX1/SF	FRQ20700
0083	TSIGMA=DSORT((SFX2-SFX1*SFX1/SF)/(SF-1.0))	FRQ20710
0084	TCV=TSIGMA/TFX1BA*100.	FRQ20720
0085	WRITE(6,614) TFX1BA,TSIGMA,TCV	FRQ20730
0086	614 FORMAT(/53X,4HMEAN,7X,F15.3/53X,11HSTAND. DEV.,F15.3/53X,	FRQ20740
0087	118HCCEFF. OF VAR. (%),F8.3)	FRQ20750
0088	RETURN 1	FRQ20760
0089	END	

図 6. (つづき)

LINE NO.	STATEMENT	PAGE 0008
0001	C -----	FRQ30010
0002	SUBROUTINE CHARLA(*)	FRQ30020
0003	C -----	FRQ30030
0004	COMMON NCLAS,XMIN,NPRM,PITCH,IFREQ,TFREQ,P,IREF	FRQ30040
0005	DIMENSION IFREQ(102),TFREQ(102),P(102)	FRQ30050
0006	REAL MOMT2,MOMT3,MOMT4,MOMT5,MOMT6,KURT	FRQ30060
0007	DOUBLE PRECISION SF,SFX,SFX1,SFX2,SFX3,SFX4,SFX5,SFX6,	FRQ30070
0008	+ ELOG,LS2P,C,SUMP	FRQ30080
0009	DATA C/2.302585093D0/,ELOG/0.4342944819D0/,LS2P/-0.399089935D0/	FRQ30090
0010	NPRM=6	FRQ30100
0011	SF=0.	FRQ30110
0012	SFX=0.	FRQ30120
0013	SFX1=0.	FRQ30130
0014	SFX2=0.	FRQ30140
0015	SFX3=0.	FRQ30150
0016	SFX4=0.	FRQ30160
0017	SFX5=0.	FRQ30170
0018	SFX6=0.	FRQ30180
0019	DO 1 I=1,NCLAS	FRQ30190
0020	SF=SF+FLOAT(IFREQ(I))	FRQ30200
0021	1 SFX=SFX+FLOAT(IFREQ(I)*I)	FRQ30210
0022	MODE=SFX/SF+0.5	FRQ30220
0023	DO 2 I=1,NCLAS	FRQ30230
0024	X=1-MODE	FRQ30240
0025	FI=IFREQ(I)	FRQ30250
0026	SFX1=SFX1+FI*X	FRQ30260
0027	SFX2=SFX2+FI*X*X	FRQ30270
0028	SFX3=SFX3+FI*X**3	FRQ30280
0029	SFX4=SFX4+FI*X**4	FRQ30290
0030	SFX5=SFX5+FI*X**5	FRQ30300
0031	2 SFX6=SFX6+FI*X**6	FRQ30310
0032	FX1BA=SFX1/SF	FRQ30320
0033	FX2BA=SFX2/SF	FRQ30330
0034	FX3BA=SFX3/SF	FRQ30340
0035	FX4BA=SFX4/SF	FRQ30350
0036	FX5BA=SFX5/SF	FRQ30360
0037	FX6BA=SFX6/SF	FRQ30370
0038	SOR1B=FX1BA*FX1BA	FRQ30380
0039	SIGMA=SQRT(FX2BA-5SOR1B)	FRQ30390
0040	MOMT2=FX2BA-5SOR1B	FRQ30400
0041	MOMT3=FX3BA-3.*(FX1BA*FX2BA)+2.*(FX1BA*SOR1B)	FRQ30410
0042	MOMT4=FX4BA-4.*(FX1BA*FX3BA)+6.*SOR1B*FX2BA-3.*FX1BA**4	FRQ30420
0043	MOMT5=FX5BA-5.*(FX1BA*FX4BA)+10.*(SOR1B*FX3BA)-10.*(FX2BA*SOR1B+FX	FRQ30430
0044	1 1BA)+4.*FX1BA**5	FRQ30440
0045	MOMT6=FX6BA-6.*FX5BA*FX1BA+15.*FX4BA*SOR1B-20.*FX3BA*FX1BA*SOR1B+1FRQ30450	
0046	1 5.*FX2BA*FX1BA**4-5.*FX1BA**6	FRQ30460
0047	SKEW=MOMT3/MOMT2**(3./2.)	FRQ30470
0048	KURT=MOMT4/(MOMT2*MOMT2)	FRQ30480
0049	CNST3=SKEW/6.	FRQ30490
0050	CNST4=(KURT-3.)/24.	FRQ30500

LINE NO.	STATEMENT	
0051	CNST5=(MOMT5/MOMT2**(.5/.2))-10.*MOMT3/MOMT2**(3./2.)/120.	FRQ30510
0052	CNST6=(MOMT6/(MOMT2**3)-15.*MOMT4/MOMT2**2+30.)/720.	FRQ30520
0053	DO 3 I=1,NCLAS	FRQ30530
0054	U=(FLOAT(I-MODE)-FX1BA)/SIGMA	FRQ30540
0055	SQRU=U*U	FRQ30550
0056	FNU=DEXP((LS2P-SQRU/2.*ELOG)*C)	FRQ30560
0057	P(I)=(FNU-CNST3*FNU*(3.*U-SQRU*U)+CNST4*FNU*(U**4-6.*SQRU*3.)-	FRQ30570
0058	1 CNST5*FNU*(-(U**5)+10.*SQRU*U-15.*U)+CNST6*FNU*(U**6-	FRQ30580
0059	2 15.*U**4+45.*SQRU-15.))/SIGMA	FRQ30590
0060	3) TFREQ(I)=SF*P(I)	FRQ30600
0061	SORPIT=PITCH*PITCH	FRQ30610
0062	MOMT2=MOMT2*SORPIT	FRQ30620
0063	MOMT3=MOMT3*SORPIT*PITCH	FRQ30630
0064	MOMT4=MOMT4*SORPIT*SORPIT	FRQ30640
0065	FX1BA=(2.*XMIN+PITCH+2.*(PITCH*FLOAT(MODE-1)))/2.+(PITCH*SFX1/SF)	FRQ30650
0066	SIGMA=DSQRT((SFX2-SFX1*SFX1/SF)/(SF-1.))*PITCH	FRQ30660
0067	CV=SIGMA/FX1BA*100.	FRQ30670
0068	ISF=SF	FRQ30680
0069	WRITE(6,610) ISF,FX1BA,SIGMA,CV,MOMT2,MOMT3,MOMT4,SKEW,KURT	FRQ30690
0070	1 ,CNST3,CNST4,CNST5,CNST6	FRQ30700
0071	610 FORMAT(/6X,43H*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION//16X,12FRQ30710	
0072	1HSUM OF FREQ.,6X,11S/16X,6HMEAN .12X,F15.5/16X,11HSTAND. DEV.,7X,FRQ30720	
0073	2F15.5/16X,18HCOEFF. OF VAR.(%),F15.5/16X,11H2-ND MOMENT,7X,F15.5/FRQ30730	
0074	316X,11H3-RD MOMENT,7X,F15.5/16X,11H4-TH MOMENT,7X,F15.5/16X,8H5KEWFRQ30740	
0075	4NESS,10X,F15.5/16X,8HKURTOSIS,10X,F15.5/16X,8HCONST. 3,10X,F15.5/FRQ30750	
0076	516X,8HCONST. 4,10X,F15.5/16X,8HCONST. 5,10X,F15.5/16X,8HCONST. 6, FRQ30760	
0077	610X,F15.5)	FRQ30770
0078	WRITE(6,611)	FRQ30780
0079	611 FORMAT(/30X,51H... FITTING OF THE CHARLIER A TYPE DISTRIBUTION ..FRQ30790	
0080	1.)	FRQ30800
0081	WRITE(6,612)	FRQ30810
0082	612 FORMAT(/6X,60H*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS SFRQ30820	
0083	1TATISTICS//10X, 6HSEFRQ30830	
0084	2Q.NO,12X,5HCLASS,7X,11HCODED CLASS,5X,11HPROBABILITY,5X,14HOBSEFRQ30840	
0085	3J FREQ.,5X,14HEXPECTED FREQ.,5X,10HDIFFERENCE /)	FRQ30850
0086	SUMP=0.00	FRQ30852
0087	IRES=NCLAS+1	FRQ30854
0088	SF=0.	FRQ30860
0089	SFX1=0.	FRQ30870
0090	SFX2=0.	FRQ30880
0091	CLS1=XMIN-PITCH	FRQ30890
0092	CLS2=XMIN	FRQ30900
0093	DO 4 I=1,NCLAS	FRQ30910
0094	M=I-MODE	FRQ30920
0095	CLS1=CLS1+PITCH	FRQ30930
0096	CLS2=CLS2+PITCH	FRQ30940
0097	CMARK=(CLS1+CLS2)/2.	FRQ30950
0098	SUMP=SUMP+P(I)	FRQ30952
0099	SF=SF+TFREQ(I)	FRQ30960
0100	SFX1=SFX1+CMARK*TFREQ(I)	FRQ30970

図 6. (つづき)

LINE NO.	STATEMENT	PAGE
	OKITAC 4500 FORTRAN SOURCE PROGRAM LIST	0010
0101	SFX2=SFX2+CMARK*CMARK*TFREQ(1)	FRQ30980
0102	DIF=FLOAT(1FREQ(1))-TFREQ(1)	FRQ30990
0103	4 WRITE(6,614) I,CLS1,CLS2,M,P(1),IFREQ(1),TFREQ(1),DIF	FRQ31000
0104	614 FORMAT(11X,15,5X,F7.3,3H - ,F7.3,5X,15,8X,F8.5,12X,15,13X,F8.3,9X,FRQ31010	FRQ31010
0105	1F8.3)	FRQ31020
0106	X=(CLS1+CLS2+2.*PITCH)/2.	FRQ31021
0107	P(IRES)=1.00-SUMP	FRQ31022
0108	TFREQ(IRES)=FLOAT(1SF)*P(IRES)	FRQ31023
0109	DIF=-TFREQ(IRES)	FRQ31024
0110	WRITE(6,615) P(IRES),TFREQ(IRES),DIF	FRQ31025
0111	615 FORMAT(13X,3HRES,40X,F8.5,16X,1H0,13X,F8.3,9X,F8.3)	FRQ31026
0112	SF=SF+TFREQ(IRES)	FRQ31027
0113	SFX1=SFX1+TFREQ(IRES)*X	FRQ31028
0114	SFX2=SFX2+TFREQ(IRES)*X**2	FRQ31029
0115	TFX1BA=SFX1/SF	FRQ31030
0116	TSIGMA=DSORT((SFX2-SFX1*SFX1/SF)/(SF-1.0))	FRQ31040
0117	TCV=TSIGMA/TFX1BA*100.	FRQ31050
0118	WRITE(6,624) TFX1BA,TSIGMA,TCV	FRQ31060
0119	624 FORMAT(/76X,4HMEAN, 7X,F15.3/76X,11HSTAND. DEV., F15.3/76X,	FRQ31070
0120	11RHCEFF. OF VAR. (%),F9.3)	FRQ31080
0121	RETURN 1	FRQ31090
0122	END	FRQ31100

LINE NO.	STATEMENT	
0001	C -----	FRQ40010
0002	SUBROUTINE POISSN(*)	FRQ40020
0003	C -----	FRQ40030
0004	COMMON NCLAS,XMIN,NPRM,PITCH,IFREQ,TFREQ,P,IREF	FRQ40040
0005	DIMENSION IFREQ(102),TFREQ(102),P(102)	FRQ40050
0006	DOUBLE PRECISION SF,SFX1,SFX2,SUMP	FRQ40060
0007	NPRM=1	FRQ40070
0008	SF=0.	FRQ40080
0009	SFX1=0.	FRQ40090
0010	SFX2=0.	FRQ40100
0011	DO 1 I=1,NCLAS	FRQ40110
0012	X=I-1	FRQ40120
0013	FI=IFREQ(I)	FRQ40130
0014	SF=SF+FI	FRQ40140
0015	SFX1=SFX1+FI*X	FRQ40150
0016	SFX2=SFX2+FI*X*X	FRQ40160
0017	1 CONTINUE	FRQ40170
0018	ISF=SF	FRQ40180
0019	FX1BA=SFX1/SF	FRQ40190
0020	SIGMA=DSQRT((SFX2-SFX1*SFX1/SF)/(SF-1.D0))	FRQ40200
0021	CV=SIGMA/FX1BA*100.	FRQ40210
0022	P(1)=1./EXP(FX1BA)	FRQ40220
0023	TFREQ(1)=SF*P(1)	FRQ40230
0024	DO 2 I=2,NCLAS	FRQ40240
0025	P(I)=P(I-1)*FX1BA/FLOAT(I-1)	FRQ40250
0026	TFREQ(I)=SF*P(I)	FRQ40260
0027	2 CONTINUE	FRQ40270
0028	WRITE(6,606) ISF,FX1BA,SIGMA,CV	FRQ40280
0029	606 FORMAT(/6X,43H*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION//16X,12FRQ40290	
0030	1HSUM OF FREQ.,6X,I13/16X,13HMEAN (LAMBDA),5X,F13.3/16X,11HSTAND. DFRQ40300	
0031	2EV.,7X,F13.3/16X,18HCOEFF. OF VAR. (%),F13.3/) FRQ40310	
0032	WRITE(6,607) FRQ40320	
0033	607 FORMAT(/30X,43H... FITTING OF THE POISSON DISTRIBUTION ...) FRQ40330	
0034	WRITE(6,608) FRQ40340	
0035	608 FORMAT(/6X,60H*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS SFRQ40350	
0036	1TATISTICS//15X,1HX,5X,11HPROBABILITY,3X,14HOBSERVED FREQ.,3X,14HEXFRQ40360	
0037	2PECTED FREQ.,3X,10HDIFFERENCE/) FRQ40370	
0038	SUMP=0.D0	FRQ40372
0039	IRES=NCLAS+1	FRQ40374
0040	SF=0.	FRQ40380
0041	SFX1=0.	FRQ40390
0042	SFX2=0.	FRQ40400
0043	DO 3 I=1,NCLAS	FRQ40410
0044	X=I-1	FRQ40420
0045	IX=X	FRQ40430
0046	PI=P(I)	FRQ40440
0047	DIFF=FLOAT(IFREQ(I))-TFREQ(I)	FRQ40450
0048	SUMP=SUMP+P(I)	FRQ40452
0049	SF=SF+TFREQ(I)	FRQ40460
0050	SFX1=SFX1+TFREQ(I)*X	FRQ40470

図 6. (つづき)

LINE NO.	STATEMENT	PAGE
	OKITAC 4500 FORTRAN SOURCE PROGRAM LIST	0012
0051	SFX2=SFX2+TFREQ(1)*X*X	FRQ40480
0052	WRITE(6,610) 1X,P1,1FREQ(1),TFREQ(1),DIFF	FRQ40490
0053	610 FORMAT(11X,15,6X,F9.5,8X,15,9X,F9.3,8X,F8.3)	FRQ40500
0054	3 CONTINUE	FRQ40510
0055	X=IRES-1	FRQ40511
0056	P(IRES)=1.00-SUMP	FRQ40512
0057	TFREQ(IRES)=FLOAT(ISF)*P(IRES)	FRQ40513
0058	DIF=-TFREQ(IRES)	FRQ40514
0059	WRITE(6,611) P(IRES),TFREQ(IRES),DIF	FRQ40515
0060	611 FORMAT(13X,3HRES,6X,F9.5,12X,1H0,9X,F9.3,8X,F8.3)	FRQ40516
0061	SF=SF+TFREQ(IRES)	FRQ40517
0062	SFX1=SFX1+TFREQ(IRES)*X	FRQ40518
0063	SFX2=SFX2+TFREQ(IRES)*X**2	FRQ40519
0064	TX1BA=SFX1/SF	FRQ40520
0065	TSIGM=DSORT((SFX2-SFX1*SFX1/SF)/(SF-1.00))	FRQ40530
0066	TCV=TSIGM/TX1BA*100.	FRQ40540
0067	WRITE(6,612) TX1BA,TSIGM,TCV	FRQ40550
0068	612 FORMAT(/36X,4HMEAN, 7X,F15.3/36X,11HSTAND. DEV., F15.3/36X,	FRQ40560
0069	118HCOEFF. OF VAR. (%),F8.3)	FRQ40570
0070	RETURN 1	FRQ40580
0071	END	FRQ40590

LINE NO.	STATEMENT	
0001	C -----	FRQ50010
0002	C SUBROUTINE CHARLB(*)	FRQ50020
0003	C	FRQ50030
0004	COMMON NCLAS,XMIN,NPRM,PITCH,IFREQ,TFREQ,P,IREP	FRQ50040
0005	DIMENSION IFREQ(102),TFREQ(102),P(102),D(102,3)	FRQ50050
0006	DCOUBLE PRECISION SF,S1,S2,S3,M1,M2,M3,M22,M33,D,FLAMD,TSF,TS1,TS2	FRQ50060
0007	1 ,SUMP	FRQ50062
0008	NPRM=4	FRQ50070
0009	SF=0.	FRQ50080
0010	S1=0.	FRQ50090
0011	S2=0.	FRQ50100
0012	S3=0.	FRQ50110
0013	DO 10 I=1,NCLAS	FRQ50120
0014	X=I-1	FRQ50130
0015	F1=IFREQ(I)	FRQ50140
0016	SF=SF+F1	FRQ50150
0017	S1=S1+F1*X	FRQ50160
0018	S2=S2+F1*X**2	FRQ50170
0019	S3=S3+F1*X**3	FRQ50180
0020	10 CONTINUE	FRQ50190
0021	M1=S1/SF	FRQ50200
0022	M2=S2/SF	FRQ50210
0023	M3=S3/SF	FRQ50220
0024	M22=M2-M1**2	FRQ50230
0025	M33=M3-3.00*M2*M1+2.00*M1**3	FRQ50240
0026	C2=(M22-M1)/2.00	FRQ50250
0027	C3=(-M33+3.00*M22-2.00*M1)/6.00	FRQ50260
0028	SIGMA=DSQRT((S2-S1*S1/SF)/(SF-1.00))	FRQ50270
0029	FLAMD=M1	FRQ50280
0030	ISF=SF	FRQ50290
0031	FM2=M2	FRQ50300
0032	FM3=M3	FRQ50310
0033	CV=SIGMA/M1*100.	FRQ50320
0034	D(NCLAS+1,1)=0.00	FRQ50330
0035	IEND=NCLAS-1	FRQ50340
0036	D(1,1)=1.00/DEXP(FLAMD)	FRQ50350
0037	DO 12 I=1,IEND	FRQ50360
0038	D(I+1,1)=D(I,1)*FLAMD/FLOAT(I)	FRQ50370
0039	12 CONTINUE	FRQ50380
0040	D(1,2)=D(1,1)	FRQ50390
0041	D(1,3)=D(1,1)	FRQ50400
0042	DO 14 I=2,NCLAS	FRQ50410
0043	I1=I	FRQ50420
0044	I2=I	FRQ50430
0045	IF(I.EQ.2) I1=NCLAS+3	FRQ50440
0046	D(I,2)=D(I,1)-2.00*D(I-1,1)+D(I1-2,1)	FRQ50450
0047	IF(I.LE.3) I2=NCLAS+4	FRQ50460
0048	D(I,3)=D(I,1)-3.00*D(I-1,1)+3.00*D(I1-2,1)-D(I2-3,1)	FRQ50470
0049	14 CONTINUE	FRQ50480
0050	SUMP=0.00	FRQ50482

図 6. (つづき)

LINE NO.	STATEMENT	PAGE 0014
0051	IRES=NCLAS+1	FRQ50484
0052	TSF=0.00	FRQ50490
0053	TS1=0.00	FRQ50500
0054	TS2=0.00	FRQ50510
0055	DO 16 I=1,NCLAS	FRQ50520
0056	X=I-1	FRQ50530
0057	P(I)=D(I,1)+C2*D(I,2)+C3*D(I,3)	FRQ50540
0058	SUMP=SUMP+P(I)	FRQ50542
0059	TFREQ(I)=SF*P(I)	FRQ50550
0060	TSF=TSF+TFREQ(I)	FRQ50560
0061	TS1=TS1+TFREQ(I)*X	FRQ50570
0062	TS2=TS2+TFREQ(I)*X**2	FRQ50580
0063	16 CONTINUE	FRQ50590
0064	X=IRES-1	FRQ50591
0065	P(IRES)=1.00-SUMP	FRQ50592
0066	TFREQ(IRES)=FLOAT(ISF)*P(IRES)	FRQ50593
0067	TSF=TSF+TFREQ(IRES)	FRQ50594
0068	TS1=TS1+TFREQ(IRES)*X	FRQ50595
0069	TS2=TS2+TFREQ(IRES)*X**2	FRQ50596
0070	TX1BA=TS1/TSF	FRQ50600
0071	TSIGM=DSQRT((TS2-TS1*TS1/TSF)/(TSF-1.00))	FRQ50610
0072	TCV=TSIGM/TX1BA*100.00	FRQ50620
0073	XMEAN=FLAMD	FRQ50630
0074	WRITE(6,606) ISF,XMEAN,SIGMA,CV,FM2,FM3,C2,C3	FRQ50640
0075	606 FORMAT(/6X,43H*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION//16X,12FRQ50650	
0076	1HSUM OF FREQ.,6X,11S/16X,13HMEAN (LAMBDA),5X,F15.5/16X,11HSTAND. DFRQ50660	
0077	2EV.,7X,F15.5/16X,18HCoeff. OF VAR. (%),F15.5/16X,11H2-ND MOMENT,7XFRQ50670	
0078	3,F15.5/16X,11H3-RD MOMENT,7X,F15.5/16X,17HC2 (ESSENTRICITY),F16.5/FRQ50680	
0079	416X,2HC3,16X,F15.5//)	FRQ50690
0080	WRITE(6,607)	FRQ50700
0081	607 FORMAT(30X,51H... FITTING OF THE CHARLIER B TYPE DISTRIBUTION ...)	FRQ50710
0082	WRITE(6,608)	FRQ50720
0083	608 FORMAT(/6X,60H*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS SFRQ50730	
0084	1TATISTICS//15X,1HX,5X,11HPROBABILITY,3X,14HOBERVED FREQ.,3X,14HEXFRQ50740	
0085	2PECTED FREQ.,3X,10HDIFFERENCE/)	FRQ50750
0086	DO 18 I=1,NCLAS	FRQ50760
0087	IX=I-1	FRQ50770
0088	PI=P(I)	FRQ50780
0089	DIF=FLOAT(IFREQ(I))-TFREQ(I)	FRQ50790
0090	WRITE(6,610) IX,PI,IFREQ(I),TFREQ(I),DIF	FRQ50800
0091	610 FORMAT(11X,15,6X,F9.5,8X,15,9X,F9.3,8X,F8.3)	FRQ50810
0092	18 CONTINUE	FRQ50820
0093	DIF=-TFREQ(IRES)	FRQ50824
0094	WRITE(6,611) P(IRES),TFREQ(IRES),DIF	FRQ50825
0095	611 FORMAT(13X,3HRES,6X,F9.5,12X,1H0,9X,F9.3,8X,F8.3)	FRQ50826
0096	WRITE(6,612) TX1BA,TSIGM,TCV	FRQ50830
0097	612 FORMAT(/36X,4HMEAN, 7X,F15.3/36X,11HSTAND. DEV., F15.3/36X,	FRQ50840
0098	118HCoeff. OF VAR. (%),F8.3)	FRQ50850
0099	RETURN 1	FRQ50860
0100	END	FRQ50870

LINE NO.	STATEMENT	
0001	C -----	FRQ60010
0002	SUBROUTINE NGBIML(*)	FRQ60020
0003	C -----	FRQ60030
0004	COMMON NCLAS,XMIN,NPRM,PITCH,IFREQ,TFREQ,P,IREP	FRQ60040
0005	DIMENSION IFREQ(102),TFREQ(102),P(102),AX(102)	FRQ60050
0006	DOUBLE PRECISION SF,SFX1,SFX2,FK0,FK1,FKJ,A1,A2,SUMP	FRQ60060
0007	NPRM=2	FRQ60070
0008	IJ=0	FRQ60080
0009	IAF=0	FRQ60090
0010	SF=0.	FRQ60100
0011	SFX1=0.	FRQ60110
0012	SFX2=0.	FRQ60120
0013	ITER=20	FRQ60130
0014	DO 1 I=1,NCLAS	FRQ60140
0015	X=1-1	FRQ60150
0016	FI=IFREQ(I)	FRQ60160
0017	SF=SF+FI	FRQ60170
0018	SFX1=SFX1+FI*X	FRQ60180
0019	SFX2=SFX2+FI*X*X	FRQ60190
0020	1 CONTINUE	FRQ60200
0021	FX1BA=SFX1/SF	FRQ60210
0022	VAR=(SFX2-SFX1*SFX1/SF)/(SF-1.D0)	FRQ60220
0023	SIGMA=SQRT(VAR)	FRQ60230
0024	CV=SIGMA/FX1BA*100.	FRQ60240
0025	FKI=FX1BA*FX1BA/(VAR-FX1BA)	FRQ60250
0026	FK0=FKI	FRQ60260
0027	ISF=SF	FRQ60270
0028	DO 2 I=1,NCLAS	FRQ60280
0029	IAF=IAF+IFREQ(I)	FRQ60290
0030	AX(I)=ISF-IAF	FRQ60300
0031	2 CONTINUE	FRQ60310
0032	DO 4 I=1,ITER	FRQ60320
0033	A1=0.D0	FRQ60330
0034	A2=0.D0	FRQ60340
0035	DO 3 J=1,NCLAS	FRQ60350
0036	A1=A1+AX(J)/(FKI+FLOAT(J-1))	FRQ60360
0037	A2=A2+AX(J)/(FKI+FLOAT(J-1))**2	FRQ60370
0038	3 CONTINUE	FRQ60380
0039	Z1=-SF*DLOG(1.D0+FX1BA/FKI)+A1	FRQ60390
0040	ZJ=SF*FX1BA/(FKI*(FKI+FX1BA))-A2	FRQ60400
0041	FKJ=FKI-Z1/ZJ	FRQ60410
0042	IF(FKJ.LT.0.D0) GO TO 5	FRQ60420
0043	IF(DABS(FKJ-FKI).LT.1.D-6) GO TO 6	FRQ60430
0044	FKI=FKJ	FRQ60440
0045	4 CONTINUE	FRQ60450
0046	5 IJ=1	FRQ60460
0047	FKJ=FK0	FRQ60461
0048	IF(FK0.LE.0.D0) GO TO 9991	FRQ60470
0049	6 ESTP=FX1BA/FKJ	FRQ60480
0050	Q=1.+ESTP	FRQ60490

図 6. (つづき)

```

OKITAC 4500 FORTRAN SOURCE PROGRAM LIST PAGE 0016
LINE NO. STATEMENT
0051 P0=ESTP/0 FRQ60500
0052 P(1)=Q**(-FKJ) FRQ60510
0053 DO 7 I=1,NCLAS FRQ60520
0054 P(I+1)=(FKJ+FLOAT(I-1))/FLOAT(I)*P0*P(I) FRQ60530
0055 7 TFREQ(I)=SF*P(I) FRQ60540
0056 FK=FKJ FRQ60550
0057 WRITE(6,606) ISF,FX1BA,SIGMA,CV,FK,ESTP,0 FRQ60560
0058 606 FORMAT(/6X,43H*** STATISTICS ON THE OBSERVED DISTRIBUTION//16X,12FRQ60570
0059 1HSUM OF FREQ.,6X,I13/16X,13HMEAN (LAMBDA),5X,F13.3/16X,11HSTAND. DFRQ60580
0060 2EV.,7X,F13.3/16X,18HCOEFF. OF VAR. (%),F13.3/16X,1HK,17X,F13.5/16XFRQ60590
0061 3,1HP,17X,F13.5/16X,1HQ,17X,F13.5/) FRQ60600
0062 IF(IJ.EQ.0) GO TO 8 FRQ60610
0063 WRITE(6,620) FRQ60620
0064 620 FORMAT(19X,20H--- BY MOMENT METHOD) FRQ60630
0065 GO TO 9 FRQ60640
0066 8 WRITE(6,622) FRQ60650
0067 622 FORMAT(19X,32H--- BY MAXIMUM LIKELIHOOD METHOD) FRQ60660
0068 9 WRITE(6,607) FRQ60670
0069 607 FORMAT(/30X,53H... FITTING OF THE NEGATIVE BINOMIAL DISTRIBUTION FRQ60680
0070 1..) FRQ60690
0071 WRITE(6,608) FRQ60700
0072 608 FORMAT(/6X,60H*** TABLE OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION AND ITS SFRQ60710
0073 1TATISTICS//15X,1HX,5X,11HPROBABILITY,3X,14HOBSEVED FREQ.,3X,14HEXFRQ60720
0074 2PECTED FREQ.,3X,10HDIFFERENCE/) FRQ60730
0075 SUMP=0.00 FRQ60732
0076 IRES=NCLAS+1 FRQ60734
0077 SF=0. FRQ60740
0078 SFX1=0. FRQ60750
0079 SFX2=0. FRQ60760
0080 DO 10 I=1,NCLAS FRQ60770
0081 X=I-1 FRQ60780
0082 IX=X FRQ60790
0083 P1=P(I) FRQ60800
0084 SUMP=SUMP+P(I) FRQ60802
0085 DIFF=FLOAT(IFREQ(I))-TFREQ(I) FRQ60810
0086 SF=SF+TFREQ(I) FRQ60820
0087 SFX1=SFX1+TFREQ(I)*X FRQ60830
0088 SFX2=SFX2+TFREQ(I)*X*X FRQ60840
0089 WRITE(6,610) IX,P1,IFREQ(I),TFREQ(I),DIFF FRQ60850
0090 610 FORMAT(11X,15,6X,F9.5,8X,15,9X,F9.3,8X,F8.3) FRQ60860
0091 10 CONTINUE FRQ60870
0092 X=IRES-1 FRQ60871
0093 P(IRES)=1.00-SUMP FRQ60872
0094 TFREQ(IRES)=FLOAT(ISF)*P(IRES) FRQ60873
0095 SF=SF+TFREQ(IRES) FRQ60874
0096 SFX1=SFX1+TFREQ(IRES)*X FRQ60875
0097 SFX2=SFX2+TFREQ(IRES)*X*X FRQ60876
0098 DIF=-TFREQ(IRES) FRQ60877
0099 WRITE(6,611) P(IRES),TFREQ(IRES),DIF FRQ60878
0100 611 FORMAT(13X,3HRES,6X,F9.5,12X,1HQ,9X,F9.3,8X,F8.3) FRQ60879

```

LINE NO.	STATEMENT	
0101	TX1BA=SF X_1 /SF	FRQ60880
0102	TSIGM=DSQRT((SF X_2 -SF X_1 *SF X_1 /SF)/(SF-1.00))	FRQ60890
0103	TCV=TSIGM/TX1BA*100.	FRQ60900
0104	WRITE(6,612) TX1BA,TSIGM,TCV	FRQ60910
0105	612 FCRMAT(/36X,4HMEAN, 7X,F15.3/36X,11HSTAND. DEV., F15.3/36X,	FRQ60920
0106	118HCOEFF. OF VAR. (%),F8.3)	FRQ60930
0107	RETURN	FRQ60940
0108	9991 WRITE(6,614)	FRQ60950
0109	614 FORMAT(///20X,35H????? PARAMETER K IS NEGATIVE ??????)	FRQ60960
0110	RETURN 1	FRQ60970
0111	END	FRQ60980

図 6. (つづき)

LINE NO.	STATEMENT	PAGE 0018
0001	C -----	FRQ70010
0002	SUBROUTINE X2STAT(*)	FRQ70020
0003	C -----	FRQ70030
0004	COMMON NCLAS,XMIN,NPRM,PITCH,JFREQ,TFREQ,P,IREP	FRQ70040
0005	DIMENSION JFREQ(102),TFREQ(102),P(102),JFREQ(102),AFREQ(102)	FRQ70050
0006	IDOF=0	FRQ70060
0007	CHI2=0.	FRQ70070
0008	NCLAS1=NCLAS+1	FRQ70080
0009	DO 10 I=1,NCLAS1	FRQ70090
0010	JFREQ(I)=JFREQ(I)	FRQ70100
0011	AFREQ(I)=TFREQ(I)	FRQ70110
0012	10 CONTINUE	FRQ70120
0013	JFREQ(NCLAS1)=0	FRP70122
0014	JFREQ(NCLAS1)=0	FRQ70124
0015	JFREQ(NCLAS+2)=0	FRQ70130
0016	AFREQ(NCLAS+2)=0.	FRQ70140
0017	DO 3 I=1,NCLAS1	FRQ70150
0018	IF(I.EQ.1.AND.AFREQ(I).GE.1.0) GO TO 2	FRQ70152
0019	IF(I.EQ.NCLAS1.AND.AFREQ(NCLAS1).GE.1.0) GO TO 2	FRQ70154
0020	IF(AFREQ(I)-5.) 1,2,2	FRQ70160
0021	1 AFREQ(I+1)=AFREQ(I+1)+AFREQ(I)	FRQ70170
0022	JFREQ(I+1)=JFREQ(I+1)+JFREQ(I)	FRQ70180
0023	GO TO 3	FRQ70190
0024	2 IDOF=IDOF+1	FRQ70200
0025	FI=JFREQ(I)	FRQ70210
0026	SQRDIF=(FI-AFREQ(I))**2	FRQ70220
0027	CHI2=CHI2+SQRDIF/AFREQ(I)	FRQ70230
0028	K=I	FRQ70240
0029	3 CONTINUE	FRQ70250
0030	IF(AFREQ(NCLAS1)-1.) 4,5,5	FRQ70260
0031	4 SQRDIF=(FLOAT(JFREQ(K))-AFREQ(K))**2	FRQ70270
0032	CHI2=CHI2-SQRDIF/AFREQ(K)	FRQ70280
0033	A=JFREQ(K)+JFREQ(NCLAS+2)	FRQ70290
0034	B=AFREQ(K)+AFREQ(NCLAS+2)	FRQ70300
0035	SQRDIF=(A-B)**2	FRQ70310
0036	CHI2=CHI2+SQRDIF/B	FRQ70320
0037	5 WRITE(6,602)	FRQ70330
0038	602 FORMAT(/6X,27H*** TEST ON GOODNESS OF FIT	FRQ70340
0039	IF(IDOF.LE.NPRM+1) GO TO 9991	FRQ70350
0040	IDOF=IDOF-NPRM-1	FRQ70360
0041	WRITE(6,604) CHI2,IDOF	FRQ70370
0042	604 FORMAT(/16X,16HCHI-SQUARE STAT.,2X,F8.3 /16X,15HDEGREE OF FREE.,	FRQ70380
0043	* 2X,15)	FRQ70390
0044	RETURN 1	FRQ70400
0045	9991 WRITE(6,606) IDOF	FRQ70410
0046	606 FORMAT(/16X,30H"NUMBR OF CLASSES TOO LITTLE",15/)	FRQ70420
0047	RETURN 1	FRQ70430
0048	END	FRQ70440

図 7. モジュールマップ

MODULE MAP		
MODULE-NAME	F8000Z	
PHASE-NAME	POINT1	
CSECT-NAME	ORIGIN	LENGTH
\$MAIN	00000 (0000)	00153 (0099)
INDATA	00153 (0099)	07471 (1D2F)
IORUTN	07624 (1DC8)	03784 (0EC8)
LOGC	11408 (2C90)	00199 (00C7)
SQRT	11607 (2D57)	00245 (00F5)
FEXR	11852 (2E4C)	00185 (00B9)
DADD	12037 (2F05)	00422 (01A6)
DSUB	12459 (30AB)	00035 (0023)
DDIV	12494 (30CE)	00233 (00E9)
EXERR	12727 (31B7)	00285 (011D)
DMUL	13012 (32D4)	00316 (013C)
FEXD	13328 (3410)	00280 (0118)
DSQRT	13608 (3528)	00394 (018A)
DEXP	14002 (36B2)	00489 (01E9)
EXP	14491 (389B)	00255 (0109)
DLOG	14756 (39A4)	00412 (019C)
ALOG	15168 (3B40)	00230 (00E6)
PHASE-NAME	POINT2	
CSECT-NAME	ORIGIN	LENGTH
NORMAL	15915 (3E2B)	02662 (0A66)
PHASE-NAME	P0	
CSECT-NAME	ORIGIN	LENGTH
CHARLA	15915 (3E2B)	03954 (0F72)
PHASE-NAME	P1	
CSECT-NAME	ORIGIN	LENGTH

図 7. (つづき)

MODULE MAP		
MODULE-NAME	F8000Z	
PHASE-NAME	P1	
CSECT-NAME	ORIGIN	LENGTH
POISSN	15915 (3E2B)	01848 (0738)
PHASE-NAME	P2	
CSECT-NAME	ORIGIN	LENGTH
CHARLB	15915 (3E2B)	04075 (0FEB)
PHASE-NAME	P3	
CSECT-NAME	ORIGIN	LENGTH
NGBIML	15915 (3E2B)	03051 (0BEB)
PHASE-NAME	P4	
CSECT-NAME	ORIGIN	LENGTH
XZSTAT	15915 (3E2B)	01438 (059E)
TOTAL	19990 (4E16)	