IV－166　労働災害発生時間数の極値の分析

労働省産業安全研究所　正会員　花安　繁郎

1．はしがき

筆者はこれまで，労働災害が発生するまでの時間数を尺度として，事業所での労働災害発生頻度率が時間の経過とともに変動してゆく過程を評価する方法について検討を加えてきた。とくに災害発生時間数は，労働災害に関する情報の中では比較的判明しやすい情報であることや，また災害発生時間数を利用した評価内容も、たとえば，災害発生率の有意差検定によって災害危険性の変動を早く検出出来ること，あるいは災害発生率の信頼区間が求められることなど，事業所で安全性評価を行なうのには大変便利な尺度であると思われる。この災害発生時間数を利用した安全性の評価に関連して，今回，いくつかの災害が発生したときの，災害に至るまでの時間数が最も短い時間数と，長い時間数のいわゆる極値の分布について検討を加え，安全性評価へ応用することを試みたので，以下にその結果を簡単に報告したい。

2．最小，最大労働災害発生時間分布

事業所で n 件の労働災害が発生したとき，各災害が発生するまでのそれぞれの時間間隔を小さい順に並べると（順序統計量），i 番目の災害時間分布 $f_i(t)$ は，元の母集団の密度関数を $f(t)$ とすると（$0 \leqq t < \infty$）

$$f_i(t)=\frac{n!}{(i-1)!\,(n-i)!}\left[\int_0^t f(t)\,dt\right]^{i-1} f(t)\left[\int_t^\infty f(t)\,dt\right]^{n-i} \qquad (1)$$

上式において $i=1$ とすると最小値の時間分布が得られる。また $f(t)$ には，これまでのいくつかの労働災害事例の調査から指数分布を仮定することが出来るので，$f(t)=\lambda e^{-\lambda t}$ を代入すると，最小値の災害発生時間分布として (2) 式が得られる。さらに，事業所で安全水準の指標として広く用いられている災害度数率（100万労働時間当りの災害発生件数，以下 A と略記）と，指数分布のパラメーター λ とは $\lambda=A/100$（単位：万時間）と関連づけることが出来る。従って，任意の度数率に対して，特定の確率値に対応した最小災害発生時間数が (3) 式によって求めることが出来る。生産現場においていくつかの労働災害が発生したとき，最も災害危険性が高い時期は，災害発生間隔が最も短い期間と考えられるが，統計的な判断を下すには (3) 式による t_{min} の値と実際の最小災害発生時間々隔とを比較すればよい。もし実際の最小災害発生時間が t_{min} よりも短ければ，その期間は災害が起きやすい要因が強く作用していた時期と判断することが出来る。

また図-1に示すとおり，複数の独立した生産集団があり，それぞれの集団ごとに労働災害がランダムに発生しているとき，集団全体としての災害発生時間（間隔）の分布は，各集団から1個づつ抽出されたデーターの最小値 $t=min(\tau_1,\tau_2,\cdots,\tau_n)$ の分布を求める問題として解くことが出来，最終的には，個々の集団の度数率を合計した値 S をパラメーターとした指数分布 (4) 式として示される。

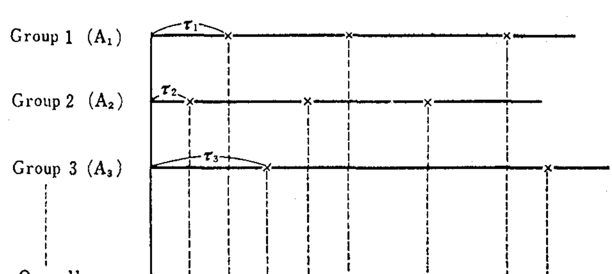
$$\left.\begin{aligned} f_{min}(t)&=n\lambda e^{-n\lambda t}\\ F_{min}(t)&=1-e^{-n\lambda t}\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

$$t_{min}=-(100/nA)\cdot \ln(1-P) \qquad (3)$$

P：最小時間が t_{min} 以下である確率

$$\left.\begin{aligned} f'_{min}(t)&=Se^{-st}\\ F'_{min}(t)&=1-e^{-st}\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

$S=\Sigma Ai/100$（Ai：集団 i の度数率）



図－1　複数個集団の全体の災害発生時間分布

次に(1)式において $i=n$ の場合について前記と同様な手続きを行なうと，最大値の災害発生時間分布が得られ，その分布式より，確率値と度数率に対応した最大災害発生時間数が得られる。

$$\left.\begin{aligned} f_{max}(t) &= n\lambda e^{-\lambda t}(1-e^{-\lambda t})^{n-1} \\ F_{max}(t) &= (1-e^{-\lambda t})^{n} \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

$$t_{max} = -(100/A)\cdot \ln\{1-(1-P)^{1/n}\} \quad (6)$$

P：最大時間が t_{max} 以上である確率

最小値の場合と同様に，実際の最大災害発生時間数が(6)式による t_{max} 値よりも長ければ，その期間は統計的に有意に長い無災害の期間であったと判断することが出来る。

3．災害発生時間比による評価法

前節の最小，最大値による評価法では分布のパラメーター λ または度数率Aが分からなければ評価が出来なかった。そこでここでは，より簡便なパラメーターの規定を必要としない分布による評価法を考えてみる。

まず図-2に示すとおり，n件の災害が発生するまでの総時間数をTとし，n件の災害発生間隔のうちの最大値を t_{max} とすると，確率変数 $X=t_{max}/T$ は次の分布に従う。

$$\left.\begin{aligned} Pr.(X>x) &= G_{max}(x) = 1-[1-(1-x)^{n-1}]^{n} \\ g_{max}(x) &= n(n-1)(1-x)^{n-2}[1-(1-x)^{n-1}]^{n-1} \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

よって上側分布関数が α である点を上式から求めると，

$$x_\alpha = 1-\{1-(1-\alpha)^{1/n}\}^{1/(n-1)} \quad (8)$$

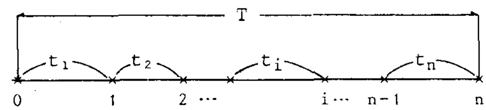


図-2　労働災害発生時間記述のモデル

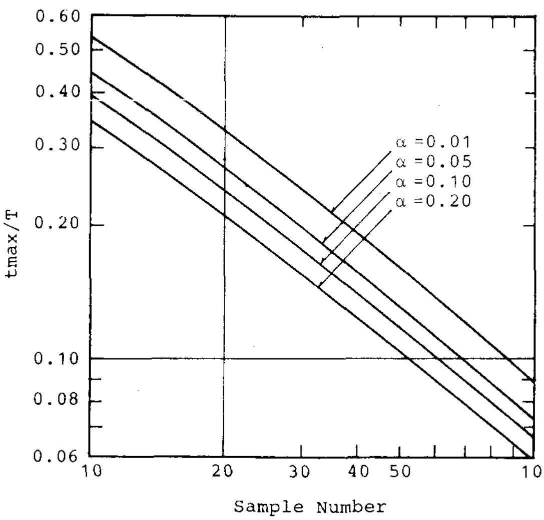


図-3　最大時間比(t_{max}/T)とnの関係

Table-1

Time Intervals between Grave Accidents
(from 1977.1.14 to 1982.1.22)

47	1	12	23
22	6	273	25
13	19	6	24
16	3	9	18
6	61	227	92
15	1	5	119
3	79	79	85
1	53	76	204
21	17	15	59
22	19	27	31

(8)式におけるnとx_α (t_{max}/T)の関係をαをパラメーターとして示したのが図-3である。また表-1は，1977(昭52年).1.14～1982(昭57年).1.22までの5年間1834日の間に，東京都内で発生した重大災害(一度に3人以上の被災者を含む労働災害)全40件の発生間隔を日数で示したものである。同表より273日が最長の発生間隔であるが，これは全期間1834日の中で有意に長い無災害期間であろうか？　まず $x=273/1834=0.1489$ であるのに対し，(8)式より $\alpha=0.05$ の時 $x_\alpha=0.1570$，$\alpha=0.10$ の時は $x_\alpha=0.1413$ と計算されるので，上記の日数は10%有意であると言える。5%有意であるためには，t_{max} が288日以上でなければならない。

$$\left.\begin{aligned} Pr.(Y<y) &= G_{min}(y) = 1-(1-y)^{n(n-1)} \\ g_{min}(y) &= n(n-1)(1-y)^{n^2-n-1} \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

$$y_\alpha = 1-(1-\alpha)^{\frac{1}{n(n-1)}} \quad (10)$$

同様に最小値とTとの比を $Y=t_{min}/T$ とおくと，Yは(9)式の分布に従い，下側分布関係がαとなる点も計算される。表-1での最小値1は $y=1/1834=5.45\times10^{-4}$ であるが，$\alpha=0.20$ としても有意ではなかった。

4．むすび

以上災害発生時間の極値(最小値，最大値)について検討したが，極値による分析法は，たとえば図-1に示される通り，集団全体の特性を知るのに便利なことや，また統計数値の取扱いも簡単であることなど，評価法としての利点を幾つか有しており，災害発生時間数による安全性評価の利用範囲を広げるものとして期待される。