

## 1. はしがき

労働災害発生危険性を評価する指標には、単位時間或いは単位労働力当りの災害発生数で示される、災害発生頻度率が事業所等で広く用いられており、特に単位時間を100万時間としたときの頻度率を我国では度数率と呼んでいる。筆者はこれまで、災害発生頻度率が時間の経過と共に変動する過程を、災害が発生する迄の時間数を用いて評価する方法について検討を加え、その結果災害発生時間数が安全性評価の尺度として有効に利用出来ることを明らかにした。ここでは、この災害発生時間数による安全性評価の研究の一環として、災害発生時間数を累計した曲線を用いて評価する方法について検討した結果を以下に報告したい。

## 2. 災害発生時間数とその評価

周知のように、稀にしか起らず、かつ相互に独立して生起する事象の発生数の分布は、単位時間の発生頻度率をパラメータとするポアソン分布に従う。また、発生数の分布がポアソン分布であれば、個々の災害が発生するまでの時間（災害発生間隔）は指数分布となり、更に複数件の災害が発生するまでの時間数の分布はガンマ分布で示され、両分布ともパラメータはポアソン分布のそれと同一である。一方、これまでの幾つかの災害調査事例から、災害の発生はほぼランダムと見なうことが分かっている。従って、度数率などの災害発生頻度率が与えられれば、そのパラメータ値のもとでの発生時間数の分布を規定することが出来るので、発生時間数を用いて災害発生頻度率の変動の統計的検定を行うことが出来る。

指数分布は過去の履歴に無関係な分布なので、時間計測の原点は災害が起った時点とし、新たな災害が発生するたびに基準点を盛りかえてゆけばよい。ところで、発生した災害の時間数が所与の頻度率のもとでは極めて稀な時間数であるか否かに力点を置いた、いわゆる有意差検定を行うに当たっては、検定に用いる分布式は指数分布でよく、態々面倒な計算を要するガンマ分布を用いる必要はない。何故ならば、有意差検定においては、帰無仮説が棄却された時の判断の誤りは、通常有意水準と呼称される確率値によって保障されるが、棄却されなかった場合には、帰無仮説の正しさが主張されるのではなく、パラメータ値が帰無仮説で設定された値と考えても余り矛盾は無い程度の事しか主張できないこと、つまり、いずれの分布を用いても帰無仮説が棄却された時に積極的な意味があり、どちらの分布でもその判断の誤りは同一の有意水準であるからである。指数分布に較べてガンマ分布が有効なのは、帰無仮説以外に対立仮説を設けて仮説検定を行うと

表-1 所定検定水準の為の必要件数

| $\frac{A1}{A0}$ | $\beta$ | $\alpha = 0.01$ |      |      | $\alpha = 0.05$ |      |      | $\alpha = 0.10$ |      |      |
|-----------------|---------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|
|                 |         | 0.01            | 0.05 | 0.10 | 0.01            | 0.05 | 0.10 | 0.01            | 0.05 | 0.10 |
| 1.50            | 0.67    | 133             | 99   | 83   | 95              | 67   | 54   | 77              | 52   | 41   |
|                 |         | 133             | 95   | 77   | 99              | 67   | 52   | 83              | 54   | 41   |
| 2.00            | 0.50    | 46              | 35   | 30   | 33              | 24   | 19   | 26              | 18   | 15   |
|                 |         | 46              | 33   | 26   | 35              | 24   | 18   | 30              | 19   | 15   |
| 2.50            | 0.40    | 27              | 21   | 18   | 19              | 14   | 11   | 15              | 11   | 9    |
|                 |         | 27              | 19   | 15   | 21              | 14   | 11   | 18              | 11   | 9    |
| 3.00            | 0.33    | 19              | 15   | 13   | 13              | 10   | 8    | 11              | 8    | 6    |
|                 |         | 19              | 13   | 11   | 15              | 10   | 8    | 13              | 8    | 6    |
| 4.00            | 0.25    | 12              | 10   | 9    | 9               | 7    | 6    | 7               | 5    | 4    |
|                 |         | 12              | 9    | 7    | 10              | 7    | 5    | 9               | 6    | 4    |
| 5.00            | 0.20    | 9               | 8    | 7    | 7               | 5    | 4    | 5               | 4    | 3    |
|                 |         | 9               | 7    | 5    | 8               | 5    | 4    | 7               | 4    | 3    |
| 10.00           | 0.10    | 5               | 4    | 4    | 4               | 3    | 3    | 3               | 2    | 2    |
|                 |         | 5               | 4    | 3    | 4               | 3    | 2    | 4               | 3    | 2    |

採択してしまう、いわゆる第2種誤り（ $\beta$ ）を低く押えられることにある。これは、対立仮説の災害発生頻度率が帰無仮説のそれよりも大きい時に、帰無仮説を採択してしまう確率を出来る限り少くしたいと言う、安全を考慮した検定を考える場合には特に効果があると思われる。表-1には有意水準（ $\alpha$ ）と第2種誤り（ $\beta$ ）のいくつかの水準の組合せに対して、帰無及び対立仮説で設定された災害発生頻度率の比（判別比）ごとに、検定水準を満たす必要最少件数を求めたものである。判別比が小さい程、必要件数が多くなっているが、とにかく数多くの災害情報を利用すれば、単一災害の情報だけでは出来ない検定が可能なが示されている。

### 3. 災害発生時間累計曲線による評価

前節で、ガンマ分布の方がより検出力（帰無仮説が成立しない時、これを正しく検定する確率）の高い検定を行なうことが出来ることが分かったので、ここでは、個々の災害の発生時間数を時系列に従って累計し、累計災害発生件数と対応させてプロットした図を災害発生時間累計曲線と呼び、同図を利用して安全性を評価する方法を検討する。

ある特定の水準に見合った検定を実施するには、表-1に示された災害件数が起こるまでの時間数を計ればよいが、判別比が小さいときには、数多くの件数を必要とし、実際にはこの要求水準が満たされない場合が起ってくる。そこで、この問題にも対処出来る方法として、ここでは逐次検定法を採用し、同検定法による安全性評価を試みた。逐次検定法では、災害が発生するごとにその時点までの災害時間数（累計）を利用して、1) 帰無仮説を採択する、2) 対立仮説を採択する、3) 次のデータが得られるまで仮説採択を保留する、のいずれかの選択が行われる。逐次検定法で仮説が採択または棄却された場合の統計的過誤は、通常の検定と同様検定時に設定された第1種誤り $\alpha$ と第2種誤り $\beta$ とによって保障される。また、もし仮説の採択、棄却が行われず保留が続き、災害件数が表-1の必要件数に達した時は、その時点で普通の仮説検定を行えばよい。

図-1、2に昭和57、58年の2年間に発生した土砂崩壊による重大災害（1度に3人以上の被災者を含む労働災害）全25件を、週を単位として災害発生時間累計曲線を求めた結果を実例として示した。災害データから1週間当りの平均災害頻度率が0.24件/週と得られたので、この値を帰無仮説の頻度率として用い、図-1では帰無仮説の2倍の値

を対立仮説の頻度率とし（判別比 $r=2.0$ ）、また図-2では帰無仮説値の0.5倍を対立仮説の頻度率として（判別比 $r=0.5$ ）、 $\alpha$ 及び $\beta$ をそれぞれ0.05に定めた時の、逐次検定法によって帰無仮説が採択、或いは棄却される限界値を示した。図-1より、災害件数3件目にして早くも帰無仮説が採択され、災害頻度率が2倍程大きくなっていない事が示され、一方図-2からは、災害件数17件目で同じく帰無仮説が採択され、災害発生率が半分程には小さくないことが示されている。結局、災害発生率はこの2年間では目立った変化が見られないことが分かる。通常の仮説検定でこの結論を得るには、表-1より24件もの災害数の発生時間数を必要とするが、逐次検定法ではより少ない災害数で結論に達していることが示されている。

このように災害発生時間（累計）曲線では、逐次検定法を適用することによって統計的検定がより早く行えるが、その他にも災害発生状況を視覚的に把握出来る利点を有している。従って、事業所などで行う日常的な安全性評価のための災害管理図として、災害発生時間曲線が有効に利用出来ると思われる。

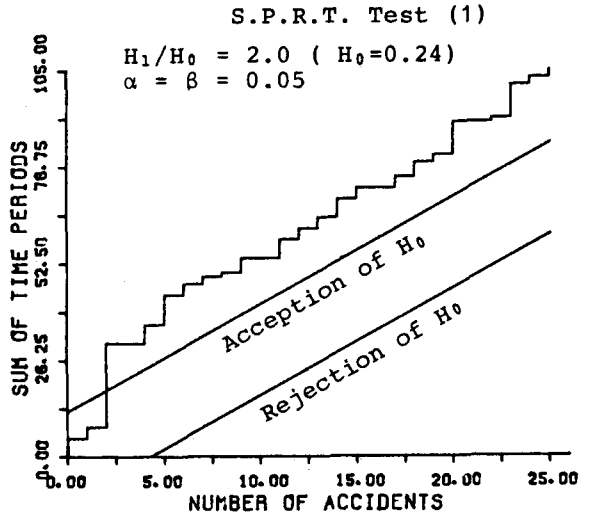


図-1 災害累計曲線による検定 (1)

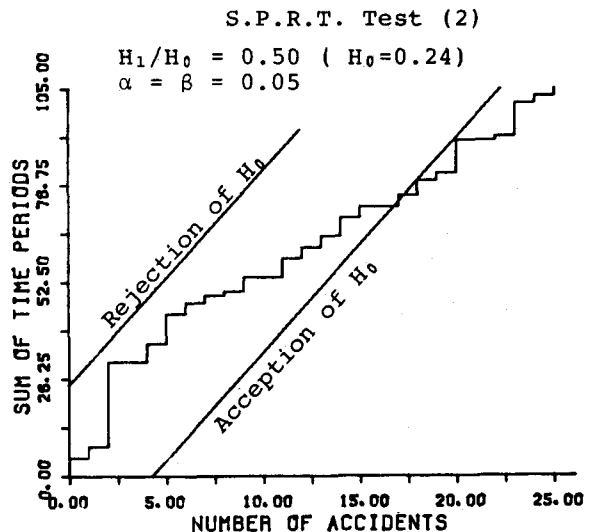


図-2 災害累計曲線による検定 (2)