

労働省産業安全研究所 正会員 花安 繁郎
同上 正会員 鈴木 芳美

1. はしがき

ある期間で発生した災害数を単位期間当りの発生数に換算した値は災害発生頻度率と呼ばれ、とくに単位期間を100万労働時間としたときの頻度率は我国では（労働災害）度数率と呼ばれている。度数率に代表される災害発生頻度率は、事業所などでの労働災害発生危険性を評価する指標のひとつとして広く用いられている。この災害発生頻度率が時間の経過と共に変動する過程を、労働災害が発生するまでの時間数を用いて評価する方法について検討を加えた。また、実際に発生した重大災害に適用し、その発生頻度率が変動する様子を明らかにすることを試みた。以下に検討を行ったおもな内容とその結果を簡単に記す。

2. 検討内容および分析結果

（1）災害が発生するまでの時間数を用いて災害発生頻度率の変動を調べる統計的な評価は、統計的仮説検定と呼ばれる推論形式によって行われる。すなわち、災害発生頻度率に対してある仮説的な命題を付与し、実際に観測された災害発生時間数に基づいてその仮説の妥当性を検証し、確率値をもとに仮説の棄却または採択を行う。この手続きをとって災害発生頻度率の態様を知ることが出来る。

（2）これまでに調査したいくつかの災害事例をもとに、個々の労働災害が発生するまでの時間（間隔）の分布を指数分布、また複数件の災害が発生するまでの時間分布をガンマ分布と仮定した。これらの分布のパラメータは単位時間の災害発生頻度率に等しく、また、このパラメータは一定期間内での発生数の分布であるポアソン分布のそれとも等しい。さらに、これらのパラメータは最尤法などにより、災害度数率と関連づけることが出来る。したがって、災害度数率が与えられれば、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、災害発生時間数を利用して度数率の仮説検定を行うことが出来る。

（3）統計的仮説検定では、検定を行う仮説（帰無仮説）と、それに対立する仮説（対立仮説）とを設定する。この検定には、帰無仮説が正しいにも拘らずこれを棄却する誤り（第1種の過誤、有意水準 α ）と、対立仮説が正しいにも拘らずこれを棄却する誤り（第2種の過誤 β ）の2種類の統計的判断の誤りがある。とくに、対立仮説で設定された災害頻度率が帰無仮説でのそれよりも大きいときに、帰無仮説を採択してしまう確率を出来る限り小さくしたいと言う、安全側を配慮した仮説検定を考える場合には、第2種の過誤の確率 β を十分に考慮する必要がある。

（4）ある災害発生時間数が、所与の帰無仮説の災害頻度率のもとで稀な時間数であるか否かを調べる、いわゆる有意差検定においては、指数分布を用いて検定を行えばよく、わざわざ計算の面倒な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ときの判断の誤りは有意水準 α によって保障されるが、棄却されなかったときは、帰無仮説の正しさを主張するのではなく、帰無仮説が棄却できるほどの災害発生時間数ではない程度のことしか主張出来ないこと、つまり、どちらの分布を用いても帰無仮説を棄却するときに積極的意味があり、その判断の誤りはともに同一の有意水準 α で与えられるからである。ガンマ分布を検定に用いる利点は、帰無仮説を採択したときこれを保障する確率、すなわち対立仮説が正しいにも拘わらずこれを棄却する確率 β を小さくすることが出来る点にある。

（5）仮説検定方式を評価する関数として、あるパラメータ値が真という条件のもとで帰無仮説を採択する確率を与える作用特性関数（OC関数）や、逆に帰無仮説を棄却する検出力関数がある。有意水準 α が一定のもとで検出力を最大とするような検定方式を最強検定と呼び、とくに棄却域が対立仮説に無関係に定まる検定は一樣最強検定と呼ばれる。指数分布あるいはガンマ分布を用いた災害頻度率の片側検定では、一樣最強検定方式となる発生時間数の棄却域を与えている。

（６）統計的仮説検定で生ずる２種類の判断の誤りの確率を、あらかじめ希望する値の有意水準 α 、および第２種の過誤の確率 β 以下に保障するためには、片側検定や両側検定などの検定方式、２種類の過誤の設定水準、および判別比（対立仮説の災害頻度率と帰無仮説の頻度率との比）などに応じて、ある特定の件数以上の災害発生時間数を用いて検定を行わなければならない。たとえば、判別比 $D=2.0$ または 0.5 の片側検定において、 α および β をそれぞれ 0.05 としたとき、同水準を満足するためには、災害件数 $K=23$ 件目以降の災害の発生時間を用いて検定を行わなければならない。この検定に必要な最小の災害件数は、判別比や過誤の設定水準が小さくなるほど多くなっている。

（７）統計的仮説検定方式を評価する関数として作用特性関数などのほかに、仮説検定で仮説の棄却、採択などの判断に至るまでに要する災害件数や、所要時間数を評価する、平均評価災害件数関数や平均評価時間数関数がある。検定を打切る方式には、あらかじめ評価時間を定めた時間打ち切り方式と、評価件数の上限を定めた個数打ち切り方式とがあるが、棄却域を上限に定めた時間打ち切り方式と、最小必要件数を上限にした件数打ち切り方式とを混合した方式での平均評価災害件数関数と平均評価時間数関数とを検討した。

（８）仮説検定打ち切りのための評価件数や評価時間数をあらかじめ定めておらずに、データが得られるたびにそれまでの情報を利用して検定を行う、逐次確率比検定法を利用すれば、統計的過誤を通常の仮説検定法と同じ程度におさえながら、より少ない評価災害件数および評価時間数で統計的判断を下すことが出来る。かりにひとつの逐次検定で帰無仮説を棄却あるいは採択をすることが出来なくとも、いくつもの逐次検定を組合せることによって、検定対象の全体の動向を把握することが出来る。また、逐次検定を行うために用いる（災害発生件数－発生時間累計曲線）図は、災害発生状況を視覚的に捉えることができる利点を有しているので、事業所などでの災害管理図としても利用することが出来る。

（９）最近発生した、一度に３人以上の傷害者を含んだ重大災害で、建設業と関連のあるいくつかの災害を逐次検定によって分析した結果を表－１に示した。データは56年～59年の４年間の災害である。分析では、まず、災害を前期（昭和56, 57年）と後期（昭和58, 59年）とに分け、前期での各災害の１週間当りの平均災害数を求めこれを災害発生率と定義した。ついで、この前期の災害発生率を仮説検定での帰無仮説値と仮定し、いくつかの対立仮説を設定したのち、後期の災害データを用いて逐次検定法により分析を行った。帰無仮説を $H_0 : \lambda = \lambda_0$ として、Test(1) では、 $H_1 : \lambda_1 = 1.50 \lambda_0$ と $\lambda_1 = 2.0 \lambda_0$ の２種類の対立仮説を選び、またTest(2) では、 $H_1 : \lambda_1 = 0.67 \lambda_0$ と $\lambda_1 = 0.50 \lambda_0$ の２通りの対立仮説について逐次検定を行った。表中の採択、棄却などの表示は、逐次検定により帰無仮説が採択、棄却、保留されたことを示している。そして最後に、それぞれの逐次検定による分析結果を考慮して全体的な評価を行った。同表より増加の目立つ災害は墜落による災害であり、一方、減少が顕著な災害はクレーンやデリック等に起因した災害であり、倒壊による災害も減少していることがわかった。このように、逐次検定法では数少ない災害の発生時間数をよりどころとして、災害発生率の変動の統計的評価を行うことが出来る。

表－１ 逐次検定による重大災害の分析結果（災害種類別）

災害の種類	前 期 災害数	災害率 (件/週)	後 期 災害数	Test(1) ; $H_0 = \lambda$		Test(2) ; $H_0 = \lambda$		全体評価
				$H_1 = 1.5 \lambda$	$H_1 = 2.0 \lambda$	$H_1 = 2/3 \lambda$	$H_1 = 1/2 \lambda$	
土砂崩壊	22	0.212	23	保留	採択	採択	採択	不変
倒壊	28	0.269	20	採択	採択	保留	保留	やや減
墜落	17	0.163	25	保留	棄却	採択	採択	かなり増
クレーン・デリック	21	0.202	6	採択	採択	棄却	棄却	非常に減
交通事故	162	1.558	165	採択	採択	採択	採択	不変