

1. まえがき

両対数紙上において、災害による被害規模を横軸にとり、ある被害規模を越える災害の頻度または超過確率を縦軸に描いた曲線を被害規模曲線あるいはリスクカーブと呼んでいる。リスクカーブは、災害による被害の確率分布を求めたり、特定被害規模災害の平均発生間隔を求めたりするなど、リスク分析を行ううえで重要な役割を果たしている。リスクカーブは、被害規模とその被害をもたらす災害の発生頻度との関係を示しており、とくにその傾きの絶対値はフラクタル理論におけるフラクタル次元を表わし、この値が大きいほど大規模災害が起りにくいことから、リスクカーブの傾き(フラクタル次元)をシステムの安全性を統計的に明示する尺度として利用できると言われている。

これまでの分析から、労働災害による被害規模(災害による被災者数)や自然災害による被害規模(地震等による死亡者数)のリスクカーブが、両対数紙上でほぼ直線となることが明らかにされている。すなわち、これらの災害による被害規模の確率分布は、統計学ではパレート分布と呼ばれる、べき乗関数の分布で表現される。前述のフラクタル次元であるリスクカーブの傾きは、パレート分布のパラメータ(ここでは n と定義する)として記述され、このとき、 $D=n-1$ がフラクタル次元である。

被害規模がパレート分布に従うならば、若干の計算によって、単位期間(例えば年)に平均1回発生する災害による被害の大きさを1とすると、分布のパラメータ $n=1.5$ を有するシステムでは、3.3年に1回被害規模が10倍の災害が起り、10年に1回100倍の災害、33年に1回1,000倍の災害が起ることが被害予測として示される。もし同システムのパラメータが $n=2.0$ に変化したとき、10年に1回10倍、50年に1回50倍の被害規模の災害の発生が予測される。このように、 n 値の変化が災害発生および被害予測並びにシステムの安全性の構造変化の評価に大きく影響するので、被害規模分布のパラメータの変化を正確に把握することはリスク分析上極めて重要なことである。

ここでは、自然災害(とくに地震・津波災害および台風・風水害)を対象に、その人的被害規模に関する構造変化についての分析を試みた。

2. 災害による被害規模の構造変化に関する統計学的分析

我が国はこれまで長期にわたって、地震・津波災害あるいは台風・風水害に対して、さまざまな防災対策が継続的に実施されてきている。とりわけ、1959年の伊勢湾台風による大災害を契機に制定された災害対策基本法以降本格的な防災対策が開始されたと言われている。そこでここでは、自然災害(地震・津波災害および台風・風水害)による死亡者数の被害規模が、災害対策基本法が制定・施行された1961年以降とそれ以前とでどのように変化したかについての調査を行った。

分析では、地震・津波災害および台風・風水害による被害規模(死亡者数)データを、1960年以前とそれ以降とに分け、それぞれのグループのリスクカーブを求めた。それらの結果を図-1、図-2に示した。

図-1は地震・津波災害による被害規模のリスクカーブで、1923~1960年までを○印で示し、1961~1995年までを▲印で示した。この図を見る限り、2つのグループのリスクカーブには大きな変化はみられない。実際、1960年までのリスクカーブの傾きは $n=1.30$ で、また、1961年以降のそれは $n=1.43$ で、1961年以降の災害による被害規模分布のパラメータがやや大きくなっているもの目立ったほどではない。すなわち、地震・津波災害による人命被害規模に関しては、関東大震災以来今日までさまざまな防災対策がなされてきたが、依然として一定のリスク構造下にあると言える。

一方、図-2は台風・風水害によるリスクカーブ(被害規模の計算では、位置パラメータを導入してリスクカーブを直線化したのち基準化している)で、年代別の標記(○、▲印)は地震・津波災害と同様である。同図から、1960年以前とそれ以降ではリスクカーブに明瞭な差が見てとれる。1960年までの被害規模分布のパラメータは $n=2.16$ で、1961年以降のそれは $n=2.85$ で、かなりの改善がなされたと言える。

ところで、被害規模曲線のパラメータが変化している、あるいは変化していないことをどのように評価すればよいのであろうか。また、少ない災害データ(地震・津波災害は73年間で56件、台風・風水害は61

Keywords: リスク分析, 被害規模 〒204 東京都清瀬市梅園1-4-6 TEL 0424-91-4512 FAX 0424-91-7846

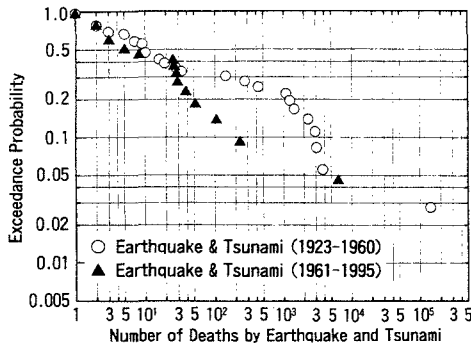


図-1 年代別地震・津波災害
災害規模-発生頻度の関係

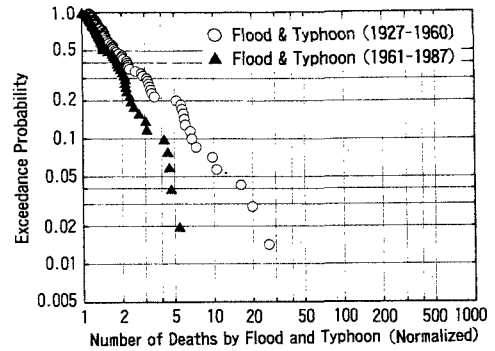


図-2 年代別台風・風水害
災害規模-発生頻度の関係(基準化値)

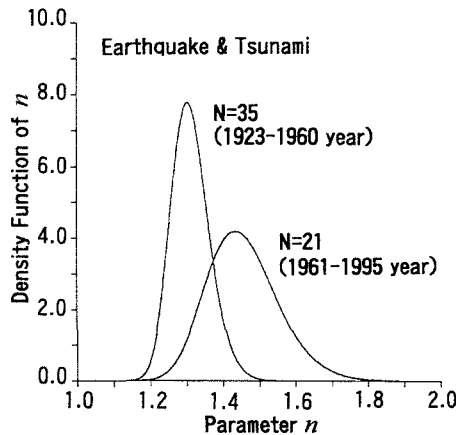


図-3 年代別地震・津波災害被害規模の
パラメータの分布

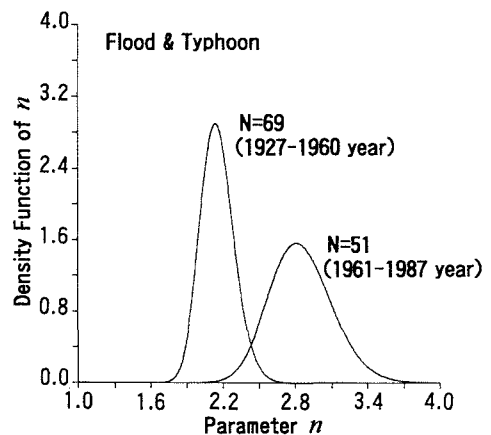


図-4 年代別台風・風水害被害規模の
パラメータの分布

年間で120件)から推定されるパラメータの変動はどのように考えるべきであろうか。このためここでは、ベイズ方式によって、被害規模分布がパレート分布に従うときのパラメータ推定を行った。ベイズ方式とは、ベイズの定理を用いてパラメータを推定する方法であり、パラメータが確率分布として与えられることおよびデータ数が増えるに従って推定の確信度が増す(分布の分散が小さくなる)ことに特徴がある。

図-3は、地震・津波災害について、1960年までの災害とそれ以降の災害のパラメータの分布を、ベイズ方式によって事後分布として求めたものである。同図では、1960年以前は E (期待値) $=1.30$ 、 σ (標準偏差) $=0.05$ 、1961年以降は $E=1.43$ 、 $\sigma=0.09$ となっており、また、1960年以前の分布に比べて、1961年以降の分布は災害数が少ないので分散が大きくなっている。パラメータの期待値は1.30から1.43へと変わったが、2つの分布が重なる部分がかかなりあることから、期待値が明確に変わったとは言いがたい。全体としては、両期間のデータで計算されるリスクカーブが依然として保たれていると考えた方が無難である。試みに、両期間によるリスクカーブのパラメータ($n=1.34$)、観測期間(1923~1995年、73年間)および同期間中に死亡者があった地震・津波災害数(56件)を用いて計算してみると、1年に平均して1回0.46人、10年に1回400人規模、20年に1回約3,100人規模、50年に1回約46,000人規模の死者が出る地震・津波災害が起こることが予想される。

一方、図-4は、台風・風水害による被害規模のパラメータ分布を求めたものであり、1960年以前が $E=2.16$ 、 $\sigma=0.14$ 、1961年以降は $E=2.85$ 、 $\sigma=0.26$ となっている。両分布が重なる部分が少ないので、パラメータの期待値は2.16から2.85へ変化したと考えても良い。

このようにパラメータの変化を調べることにより、災害被害規模の構造変化を明らかにすることができる。