

ある災害観

高橋 浩一郎

はじめに

日本は災害国である。年々、台風や集中豪雨などで多くの被害を生じており、時には大地震によって大きな災害を生ずることもある。これは、日本の地理的条件による1つの宿命であるが、災害というものは自然条件だけで決まるものではなく、人間の要素がきわめて大きい。また、台風がきたり、集中豪雨がおこるといことは、一面では風水害の原因となるが、反面では、農業、工業に必要な水資源をもたらし、自然の恵みでもある。また、近年は、自然の異常だけではなく、人間活動の巨大化に伴う、公害という新しい災害も生まれてきている。

災害という現象は非常に複雑な現象であり、単なる自然現象ではなく、社会現象でもあり、いろいろな面をもっている。それを扱うにも一筋縄でゆくものではない。この問題を研究する場合に、ORの手法が非常に有効であるが、それにかかる前の考察がきわめて重要である。下手にORをかけると、木を切るのに剃刀をつかうということになりかねない。災害の本質というものをよく知り、それに応じた分析手段をとるべきであろう。

以下、少しく災害というものの一般的な特徴を考察してみよう。

災害の構造

はじめに、災害というものの意味を少しく分析

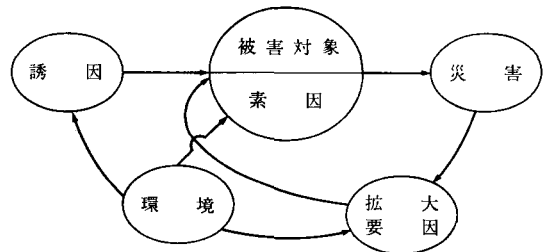


図1 災害の構造

してみよう。災害はある面では自然現象であるが、自然現象そのものではない。むしろ本質的には経済現象であるといったほうが実際に近いだろう。たとえば、船が火災をおこせば、それは災害であるが、老朽した船を処分するため燃やしたりすれば、それは災害ではない。災害とは、「人間自身、または人間の財産が自然の異常、または人間の不注意により、損失を受けることである」と定義するのが常識的であろう。

そして、災害を分析してみると、図1のような構造をもっていると見られよう。すなわち、災害がおこるためには、被害の対象となるものの存在が必要である。それは人であることもあり、家屋や船のような、ものであることもある。

つぎには、災害をおこすような原因の存在が必要である。それは、暴風であることもあれば、大雨であることもあり、また、人間の不注意による失火のこともある。これを誘因とよぼう。

また、誘因が被害対象に働くと災害がおこるわけであるが、この2つの存在だけで災害が必ずお

こるわけではない。ふつう被害対象は誘因に対して抵抗力をもっており、誘因の力が抵抗力より弱いと災害はおきない。誘因の力が抵抗力を上まわった時にはじめて、災害となる。すなわち、被害対象の素質が災害になるかならないかに効いてくるわけで、これを素因と名づけよう。

つぎに、災害がおこると、それが新たな誘因となって災害を大きくする場合がある。火災がおこると、火の子が飛び、それが新たな火災をおこすというのがその例である。これを拡大要因とよぼう。

これがふつう考えられる災害の構造であるが、もう1つ環境を考えに入れたほうがよいと思う。たとえば火災の場合、空気が乾燥してくると、木材などが乾き、火災がおこりやすくなる。また、風が強くなると、火の子が飛びやすくなるので、火災を大きくする。すなわち、環境の変化は、素因や拡大要因、時には誘因を通して災害に影響してくる。また、環境には、自然環境だけではなく、社会環境もある。第二次世界大戦後、日本はしばしば大きな風水害に見舞われた。これは、この頃、異常に強い台風がよくきたこともあるが、戦争による台風への対策がおろそかになったことが基本的な原因である。経済成長に成功した今日、風水害の被害は、当時と比べると激減している。これは社会環境の変化によるものである。

災害の異常性

災害は異常現象である。人間は平素災害がおきないように対策をしており、心がけている。したがって、自然環境がある程度変化しても災害にならないが、異常に変化すると備えが破綻をきたし、災害となる。とくに大災害は、災害の構造における各因子が、災害のおこりやすい状態になった場合に生ずるものであり、異常な場合におこるものである。このことから、災害というものは、空間的にも時間的にも、ある狭い範囲におこる傾向があり、被害額では、まれにおこる巨大災害が

重要なことも理解できる。

このことは、災害をOR手法で研究する場合の、数学的な前提条件に対する対応を十分理解しておくことを要求する。具体的例として、年々の年最大日降水量の時系列を考えてみよう。河川工事をする場合、流域に大雨がふり、それが1度に河川に流れてくると、洪水がおこるおそれがある。

降水の現象は非常に複雑な機構でおこり、季節変化はあるが、年の最大日降水量の時系列を考えると、年々の値はほぼ統計的に独立におこるように思える。また、年々あらわれる最大日降水量の度数分布は正規分布か、ポアソン分布に近い型だろうと思うだろう。ところが、現実の観測資料で調べてみると、正確にはこのいずれもの仮定が正しくないのである。たとえば、東京の1977年までの日最大降水量の記録を調べてみると、ふつうは170mm見当が最大であるが、1938年6月には278mmを観測しており、1958年9月26日には393mmと倍以上の値となっている。すなわちごくまれには異常に大きな値をとる。また、大雨の降りやすい時代とか、早魃のおこりやすい時期というものがある。大雨の降る確率は時代とともに変化している。これがもっと顕著にあらわれるのは震災である。1923年9月1日の関東大震災の折には、死者・行方不明者数14万2000人余りを出しているが、日本の歴史上これが最大であり、津波も含めた震災では、つぎに大きいのが1896年の三陸沖津波によるもので2万7122人である。また、一度大地震がおこると余震が多くなり、その後何年かたつと、しばらくは大地震のおこる確率は減少してくる。図2は、年々の地震や津波による日本全国の死者・行方不明数を示したものである。なお、縦軸は死者・行方不明数の4乗根で目盛ってある。これを見ると、非常に複雑におきているが、まとまっておこる傾向があり被害数は時代とともに増加の傾向があるが、近年は減少している模様もうかがえよう。

この例からもわかるように、災害という現象は

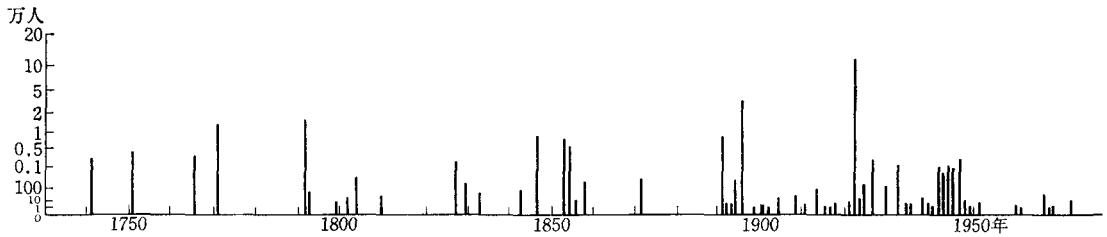


図 2 地震による年々の死者・行方不明数の経年変化

統計的にみて非常に不安定である。短い期間の資料から分析した結果は不確実性がきわめて多く、それを将来にそのまま適用することは危険である。たとい、精度は悪くとも、古い過去の歴史的な資料でも、十分参考にすることは、きわめて重要である。

なお、災害がこのように不安定な理由の1つには、災害の中に人間の要素があるからである。たとえば、震災の場合の被害というものは、地震の強さだけではなく、被害対象となる都市の状況も大きく関係する。関東大震災の折り、あのような大被害を生じたのは、木造家屋の多い、東京という大都市があり、大火災がおきたからであり、もし、大都会がなく、また、あってもコンクリート造りの不燃都市であったならば、あのような大被害はおきなかったであろう。すなわち、災害の問題を考える場合、災害の構造を基礎とし、問題を分析して考察し、それを総合して結論を出すという方向をとることが必要である。

災害の歴史性

災害の問題で重要なのは、災害現象に歴史性があるということであろう。時代が変われば、災害の量も質も変わってくる。これは、災害が単なる自然現象ではなく、人間との関連によって生ずるからである。人間は自然界に手を加え、災害から身を守っている。その対策が進めば、災害は減少してくる。また、これとは逆に、人口が増し、財産が増せば、災害も増すという面もある。また、人間は自然界に住んでおり、人間活動が強くなると、自然界を大きく変え、その反動が人間に

もどり、災害となってあらわれてくる。公害がその最もよい例であり、また、交通事故などもその例と考えてよいであろう。

これは、災害の記録にはっきりとあらわれている。地震災害が時代とともに増加しているのは、記録が完備してきていることもあろうが、人口が増し、都市が大きくなり、財産が増したことが原因である。一方、旱魃を調べてみると、古代ではしばしばおきており、それによって大規模な飢饉がおきた。しかし、近年は旱魃はあっても、日照りに不作なしといわれるように、局地的に大きな被害はあっても、全国的には作柄は減らず、むしろよい位である。これは、古代は灌漑の施設が不十分で、農作物は大きな被害を受けたが、現代では灌漑が整備され、旱魃でも水をまわすことができるようになったからである。しかし、現在でも、開発途上国の飢饉は、旱魃によるものがいちじるしく多い。これは、1つは日本が雨の多い国であるが、開発途上国は雨の少ない国が多く、しかも、灌漑がまだ進んでいないことによるものである。

このように、古代では、自然の異常は人間の生活に大きな災害をもたらした。その頃は、人間の力が弱く、災害は天が人間に与える天災としてあきらめるよりしかたがなかった。しかし、人間の力がだんだん強くなり、災害に対する対策が進んでくると、天災的な面はうすれ、むしろ災害がおこるのは、人間が対策をおろそかにしたためであるという面が出てくる。すなわち、人間自身の責任が問われるようになる。そして、昭和28年の北九州の大水害のあと、人災という言葉が生まれ

た。もちろん、天災か人災かの境は非常にぼやけており、大地震などを防ぐことはできず、この面では天災である。しかし、対策がよろしければ、被害を大きく減らすことは可能であり、この点では人災の面が出てくる。また、公害の問題になると、これは純然たる人災といってよいであろう。

このように、災害は時代とともに変わってくるが、同時に災害は繰り返すという面もある。大地震はどこでもおこるものではなく、おきやすい地域と、そうではない地域がある。また、洪水のおこりやすい地域と、あまりおこらない地域がある。そして、似た災害が繰り返すという面もある。利根川の洪水は多く台風が関東の沖を北東に進み、豪雨を降らせた時であり、雨の降り方、堤防を破壊して、水が流れてゆく経路はよく似ている。この点で、過去の災害を調べておくことは、将来の災害対策における1つの教訓となる。

設計荷重の推定

以上、災害の一般的な性質を考察してきたが、つぎには災害を防ぐ、いま少しく具体的な問題について、いくつかの例を眺めてみよう。

その1つに設計荷重の推定の問題がある。たとえば、建造物をつくる場合、暴風や豪雨による災害から守るためには、将来おこるであろう暴風や豪雨の程度を推定し、それに耐えるように建造物の強度、構造を設計する。この基礎の値が設計荷重である。

もし、将来おこるであろう暴風や豪雨の程度がわかれば、設計荷重は容易に決まるが、現実には予測であるから、不確定な幅がかなり大きい。このため、設計荷重は一義的には決まらない。もし、安全第1を考えるならば、将来おこるであろう最大の荷重を想定し、それによって設計すべきである。しかし、一般にこの方法をとると、建造費がいちじるしく多くなり、また、日常生活には不便となるということもあって、実際的にはとりえない。そこで、このような経済性と安全性と

を適当に調整し、最適設計荷重を決める必要がある。

この最適設計荷重を決めるためには、なんらかの前提条件が必要である。これは、人の好みにより違い、建造物の種類により違い、また、時代の要求によっても違ってくる。ここでその考え方の1つのモデルを紹介してみる。

いま、建造物をつくる場合の風圧を考えてみる。設計風速を V_d とし、建造物をつくった場合、ある年の年最大風速が V_a を越した場合には、その建造物は破壊して D という損害がおこるとする。この建造物をつくるには経費 C が必要であるが、それは風圧に比例し、したがって V_d の自乗に比例するとする。つぎに、建造物をつくるといういろいろな意味での利益があるわけであり、それは年に b であるとする。また、一般に建造物は永久につかうわけではなく、ある年月用いると、いろいろの理由で使用しなくなる。この年数 P を使用年限とよぼう。

しかる時、このような建造物をつくった場合に得られる実質的な利益の期待値 B は、

$$\begin{aligned} B &= \sum_{n=1}^P [b(n-1) - D] (1 - P_{(V_d)})^{n-1} P_{(V_d)} \\ &\quad + bP(1 - P_{(V_d)})^P - C \\ &= b \left\{ \frac{1 - P_{(V_d)}}{P_{(V_d)}} - [1 - (1 - P_{(V_d)})^P] \right\} \\ &\quad - D \left\{ 1 - (1 - P_{(V_d)})^P \right\} - C \end{aligned}$$

となる。ただし、 $P_{(V_d)}$ はある年の年最大風速が V_d を越す確率、すなわち超過確率である。この値 B は設計荷重 V_d をかえると、変化する。 V_d が小さいと、すぐ V_d を越す年が生ずるので破壊がおき、損害が出て、 B は負、すなわち損失となる。 V_d を増していくと、めったに破壊がおきなくなり、使用年限が多くなるので B は正となり、増していく。しかし、 V_d がある値より大きくなると、こんどは経費 C が大きくなり、損失のほうはほとんどおきず、変化しないので B は減少していくことになる。すなわち、 V_d のある値のところで B が最大

となる。これが最適設計荷重である。そして、これはまさにORの問題である。

これは、きわめて簡単なモデルで、実際にはもっと多くのことを考える必要があろう。たとえば経費Cは、ふつう巨額になるので、銀行から借り入れるが、この場合には利子を支払う。これは一種の損失であり、これも考慮に入れる必要がある。そして、数値的に当てみると、この効果は意外に大きく、銀行利子の多少が大きく設計荷重に効くことがわかる。また、建造物が古くなると補修費が必要となる。また、年最大風速の超過確率 $P(v_d)$ を正確に求めることはきわめてむずかしく、環境が変化すると、変わってくる可能性もある。したがって、現実問題として、完全に数学的に取扱うことは困難であり、俗に工学的判断とよばれる判断が必要となるが、その基礎には、OR的な分析があることによって正しい判断が可能になってくるだろう。

災害対策費配分方式

前節では1つの建造物をつくる場合を考えたが、多数の建造物をつくる場合には、別の面が出てくる。簡単なモデルとして、全国に多数同じ種類の建造物をつくることを考えてみる。経費は十分にはなく、年々支出できる予算は一定しており、全部を完成するためには数年を必要とし、年々いくつかずつつくっていくとする。

この場合、設計荷重を小さくみておけば、1つ当りの建造費は少なくなるので、ある1年間の完成する箇所数は増すが、反面、災害で破壊する箇所数も多く、差引き実質的にできる数は多いとはかぎらない。設計荷重を次第に大きくしていくと、災害が減るので、実質的に完成する箇所数は増していく。しかし、ある程度以上になると、今度はあまり災害がおこらず、1つ当りの経費が多くなるので、完成する箇所数が減少していく。そこで、適当な設計荷重にした時、最も短時間で必要とする箇所数ができる。したがって、なるべく早く必要建造

物を全部つくろうという場合には、これが最適設計荷重であり、これに沿った予算配分が最もよい予算配分といえよう。

しかし、これが最適であるか否かは、前提条件で違ってくる。上述のような方針をとった場合、かなりのものが短時間でできる点はよいが、それでも年々災害によって破壊するものがあり、それを再建するための経費が必要になってくる。この場合、設計荷重をもっと大きくとると、災害を受ける箇所数がぐんと減るので、再建の費用が浮いてくる。そこで、長い目でみれば有利となる。換言すれば、予算を一様につけるよりは、重点的に配分したほうが長期的には有利ということになる。

この、いずれの方針をとるかは、その時の社会の情勢によって違うことであり、それについては、別の角度からの検討が必要である。

災害情報

災害という現象は非常に複雑であり、経済問題もあるので、災害の種類によっては、ある程度の物的損失はあきらめ、人的損失を防ぐという場合もある。この場合には災害情報、とくに予報が重要である。予報によって危険な地域から避難し、災害をまぬがれるという行き方である。海上の船舶が、台風警報によって、避航をするなどはそのよい例である。

この問題についても、OR的な面から考えるべき点が多い。常識的には、予報の適中率が高いほど、効果が大きく、予報をつかえば、平均的には有利のように思える。しかし、常にそうなるとはかぎらない。それは経済問題がからんでくるからである。災害を防ぐためにはある程度の対策費が必要であり、経済的な面からは、災害がおきた場合の被害額との比較が重要である。対策費は、見方によれば損失であり、これが被害額より大きくなれば、むしろ何もしないほうが有利ということになる。

一方、対策費がきわめて少ない場合には、いつ

も対策をとっておけば、被害は防げるから、このほうがよい。この場合、災害の予報によって対策をとったり、とらなかつたりすると、予報が100%当る時はよいが、そうでないと、災害がないという予報の時、災害がおこる可能性があり、被害が出ることもある、そこで、かえって常に対策をとっておいたほうがむしろ有利ということになる。

この問題をモンテ・カルロ法などで分析してみると、対策費と被害の期待値の比が1つの因子となり、これがある値より小さい時は、常に対策をしておいたほうが有利である。また、この値がある値より大きくなると、むしろ何もしないほうが損失は少ないことになる。そして、災害の予報が役に立つのは、この比の値が、ある範囲内にある場合であるということになる。そして、さらに分析をすすめると、災害情報を最も有効に使うのには、個々の災害予報の適中率を評価し、対策費と被害額の比と比較して、対策をとるか否かを判断していくことであるということがわかる。

以上、述べたように、災害というものは非常に複雑であり、その見方というものはいろいろある。ここでは、筆者の考え方の一端を述べたが、くわしくは東京堂出版の「災害論、天災から人災へ」に書いたので、関心のある方は見ていただくとありがたい。

(たかはし・こういちろう 前筑波大学教授、元気象庁長官)