

災害現象のオペレーションリサーチ

高橋 浩一 郎

日本は災害国である。年々起こる風水害、地震、津浪、火災等の災害により起こる各種の被害高は莫大なものであり、それを防ぐことが重要である。そしてその防ぎ方は災害の種類に応じ、くわしく研究すべきであるが、災害という現象に共通な諸性質もいろいろとあり、防災対策の基本的態度を定める際の原理を研究しておくことも無駄ではあるまい。

破壊力と強度

災害は破壊の現象である。暴風や大雨のような破壊力が働いても破壊がなければ災害ではない。

したがって、ある対象物に破壊力が作用しても、その対象物の強度を越さなければ破壊は起きず、したがって災害とはならない。もちろん、ここでいう破壊力とか強度は物理学という力とは限らない。災害は破壊力と強度との相対的關係で定まるものであり、災害を論ずる場合破壊力の現われ方と強度の状態が基本的の要素となる。

破壊力の現われ方は災害の種類によって違うが、統計的にあつかうとすると、その大きさの頻度分布と、周期とが問題になる。頻度分布は災害が異常現象である特性からみて、一般には指数函数に近い。そこで破壊力 f の頻度分布は

$$W(f) = \frac{1}{f_0} e^{-\frac{f}{f_0}} \dots\dots\dots(1)$$

で表わされると仮定する。 f_0 は平均の破壊力であるが、この値は年々の最大の破壊力から推定した方がよい。破壊力がある値 f より大きくなる値は上式より $e^{-\frac{f}{f_0}}$ となる。つぎに周期が問題になるが、これは破壊力がある一定の期間 $\Delta\tau$ に一回ずつあらわれ、各期間の破壊力は統計的に無関係で(1)式の頻度分布にしたがうと抽象する。

強度の決定

まず簡単な場合として、対象物が一個であり、その強さを S としよう。 $f > S$ になった時災害が起こる故、

$\Delta\tau$ 期間に災害の起こる確率は $e^{-\frac{S}{f_0}}$ である。そこである期間、たとえば一年間 T 、災害がおこらない確率 $P(\tau)$ は

$$P(\tau) = \left(1 - e^{-\frac{S}{f_0}}\right)^{\frac{T}{\Delta\tau}} \dots\dots\dots(2)$$

で与えられる。

一般に破壊力は人工的に変えることがむずかしいので防災対策としては S を如何にえらぶかということになる。これをきめるにはさらに別の条件、経済条件が必要である。いま強度 S にするに必要な経費 C は

$$C = AS^n \dots\dots\dots(3)$$

で与えられるとする。 A, n は常数である。対象物が災害の起きないかぎり破壊しないとすれば、破壊力 f が S

を越す平均の周期はあきらかに $\Delta\tau e^{\frac{S}{f_0}}$ であるから、災害が起きたら作り直すようにすれば、経費の期待値は

$$AS^n / \Delta\tau e^{\frac{S}{f_0}} = \frac{A}{\Delta\tau} S^n e^{-\frac{S}{f_0}} \dots\dots\dots(4)$$

となる。この値は S を0から大きくしていった時、途中に極大をもち、 S が ∞ になったとき0になる性質をもっている。言葉で表現するなら、中途半端な強度にすることは一番不経済であり、徹底的に手を抜くか、あるいは十分に手を入れた方が経済的であるということになる。

もし、対象物に寿命 L がある時は、経費の期待値を極小にするように S をきめるのが自然であろう。この条件を計算してみると $n=1, n=2, n=3$ の場合には第1表のようなになる。

第1表 もっとも効果的な寿命 L と
災害周期 $e^{\frac{S}{f_0}}$ との関係

$L/\Delta\tau$	$L/e^{\frac{S}{f_0}} \Delta\tau$		
	$n=1$	$n=2$	$n=3$
10	1.24	—	—
100	0.38	1.06	—
1000	0.25	0.62	1.06
1.0000	0.18	0.43	0.72
10.0000	0.14	0.33	0.55
100.0000	0.12	0.28	0.44

$\Delta\tau e^{\frac{S}{f_0}}$ は災害の起こる平均の周期であるから、平均の寿命とこの値との比は割合一定していることになる。言葉でいいあらわすなら、条件次第で違うが、一般には災害の起こる周期を寿命の2倍から5倍になるように強度をえらべば一番経済的であるといえる。

被害率

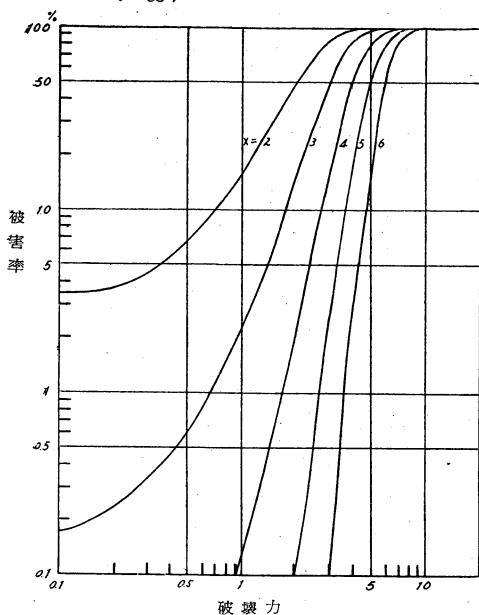
つきには対象物が多くあり、これを集団としてあつかう場合を考えてみよう。この時には同じ破壊力が働いても破壊するものと破壊しないものができるので、被害率したがって災害の大きさという概念が出てくる。つきに仮定として強度 S の集団における分布は正規分布

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi S_0}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{s}{S_0} - X\right)^2} \dots\dots\dots(5)$$

となっているものとする。 $S_0, X,$ は常数である。しかるとき、被害率 r は

$$r = \int_{-\infty}^f \frac{1}{\sqrt{2\pi S_0}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{s}{S_0} - X\right)^2} dS$$

$$= \int_{-\infty}^F \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\xi - X)^2} d\xi \dots\dots(6)$$



第1図 被害率と破壊力との関係

となる。ただし $F=f/S_0, \xi=S/S_0$ である。すなわち被害率 r は、破壊力 f に比例する量 F と、集団の平均の強さに比例するパラメーター X の函数であり、その関係を対数方眼紙に表わしてみると図のようになる。

$X=3.5$ くらいとすると被害率はかなりよく破壊力の3乗に比例することになり、経験からえられた降雨と被害高との関係を表わすことになる。

災害警報と災害保険

災害対策としてはさらに災害警報、災害保険の問題がある。災害警報の効果はその予報精度によるところが大きい。予報精度がわるいと警報がかえって有害となることもある。すなわち警報の適中率を $P,$ 警報にしたがって防災対策をするに必要な経費を $C,$ 警報がなかった時の被害高を $A,$ 警報にしたがって防災対策をし、適中した場合に生ずる被害高を $a,$ とする時、警報のシステムのなかった時の損害額に対する警報システムによる利益の割合はほぼ

$$P\left(1 - \frac{a}{A}\right) - \frac{C}{A} \dots\dots\dots(7)$$

となる。すなわち適中率 P が

$$P > \frac{C}{A-a} \dots\dots\dots(8)$$

の時に警報の価値が出てくる。

災害保険は事業としてはいろいろの点でむずかしい。風水害や地震となると、まれではあるが異常に大きな災害があるので、事業として安定しがたい。また災害には一般に局地性があるので、安全なところは保険の必要を感じず、危険なところは保険料がいちじるしく高くなる。したがって社会的な見地から半強制的にしないと実際的には成り立たないことが多い。

(気象研究所竹平町分室)

日本気象学会講演会お知らせ

12月13日13時 中央気象台中村記念館
医学と気象に関するシンポジウム
 空気調節について

話題提供者 井上宇市(早大) 武藤重郎(関東学院)
 田多井吉之助(公衆衛生院) 赤羽武夫(慈恵大)
 石原房雄(中央病院) 畠山久尙(気象研)
 司会 神山恵三(気象研)

12月15日9時 中央気象台中村記念館
航空気象に関するシンポジウム

1月23日 気象研究所
太陽熱利用に関する討論会 (気象研と共催)
 2月16日9時 中央気象台
特に気候、気象統計、季節予報に関する研究発表会

2月例会 講演申込要領

1. 題目、講演者氏名、所属機関名、講演所要時間、要旨(200字以内)を添付のこと。
2. 締切期日 昭和31年1月31日
3. 申込先 東京都千代田区大手町
 中央気象台内 日本気象学会