

# リスクは心理量



原 宣一

はじめに

リスクについても是非皆さんにお話したいことがあります。私には世の中どうしてリスクを曖昧な概念で済ましているのだろうかと不思議でならないのです。

リスクと言っ言葉は歩の中に広く使われていますので、色々な意味合いで使われても仕方がないのかも知れません。しかし、基本となる元の概念正しく把握する必要があります。それは極めて重要な概念だからです。

最近は少なくなりましたが、リスクを危険と訳していることがあります。しかし、リスクは危険ではありません。

危険は安全の反対の概念ですので近い意味ではありませんが、リスクを危険と訳すのは良くありません。後でその意味の違いがでてきます。リスクの概念を適切に表す漢字はありませんので、リスクはリスクなのです。

リスク概念を正しく把握し、リスクを定量的に捉える必要があ

ることをお話したいと思います。

## 1. リスク概念とその定義

リスクとは何か。やはり定義を調べなければなりません。

経済や保険の分野などでもリスクと言っ言葉をよく使うのですがこれらの本をみるとリスクの定義は必ずしも同じではありません。

参考に辞書を調べてみますと大辞林では「予測できない危険。保険で、損害を受ける可能性。」とあります。リスクは危険ではないといったばかりなのに辞書には書かれています。

あまり視野を広げても混乱するばかりですので、ここでは宇宙分野に限ってお話します。

まず、NASAの文書では安全関連の文書に出てきます。

「事故が起きた場合の損失の大きさとその事故が起きる可能性の度合いを組み合わせた（通常掛け合わせた）概念をいう。」  
NASAの安全関係の文書もいくつもありますが、リスクの定義

は大体同じです。宇宙開発事業団も設立当初に多くの内部文書の作成にあたりNASA文書を参考にしました。そのためでしょう、リスクの定義も同じでした。

現在のJAXAでも変わっていません。私は変えたかったのですが一人ではどうにも変えることが出来ませんでした。NASAにも働きかけたのですが、納得して貰うことが出来ませんでした。

## リスク

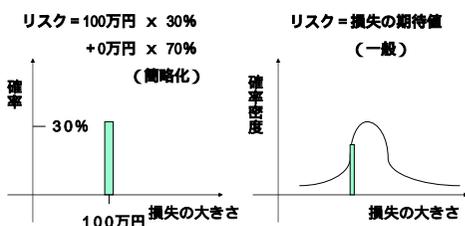
事故が起きた場合の損失の大きさとその事故が起きる可能性の度合いを組み合わせた（通常、掛け合わせた）概念をいう。

- リスクの定義は「損失の期待値」が適切
- (理由) ・リスクは高い、低いと比べることに意味がある
- ・リスクは1次元量でなければならない
- (注目) ・リスクは価値の次元を持つ1次元量
- ・リスクは加法が成立する

リスクとリスクアイテム（懸念事項）を混同して使っている場合が多い。

## リスクの概念

リスク = 損失の期待値（次元は価値）



そうです。この点がNASAの定義も駄目なのです。「掛け合わせた」に限ればまだ良かったのですが、NASAの人も問題点に気がつかなかったようです。

リスクは、最も簡単に定義すると、「損失の期待値」と定義するのが良いのです。このように定義した最初の人は、残念ながら私ではありません。意思決定理論で有名なワルドと言う人が1948年に定義しています。ワルドの論文は難解であつたらしく、その後の人がちゃんとなっていないなかつたようです。しかし、意思決定関係の本には必ず名前が出てくる人です。

何故、損失の期待値と定義すべきなのかを説明いたします。リスクという言葉が使われる場合を観察しますと、常に「リスクが高いから止めよう」とか、「リスクが低いこちらを選ぼう」というように、必ずリスクの高低に着目されています。つまり、リスクは比較されることに意義があるのです。

そこで皆さんは中学で不等式を習ったと思いますので思い出してください。不等式は一次元量のみを対象にした式であるということですので。

まず、大きい、小さいという面積や体積等の大小であるとか、長い、短いという長さとか、重い、軽いつかの力などを考えてみてください。全部、一次元量だから比べられるのです。

面積や体積も比べる時は一次元量です。二つの長方形の寸法が与えられていて、どちらが大きいかわけなさいと言われても、周

NASAの定義を見ても「組み合わせた（通常掛け合わせた）とあり、曖昧というか自信のなさが出ている定義だと思いませんか。

囲の長さとか面積とかの指定がないと比べようがありません。皆さんは書かれていないことも補足して、大きななら面積で、長さなら周囲の長さで比べるかもしれません。しかし、長さと言っても対角線の長さで比べると、どちらが大きいかわ違ってきます。

そして、リスクは価値の次元を持つ量なのです。この点を明確に書いた本はありません。経済の本でもリスクは価値の次元を持つと書いてないのです。この点は、もしかすると私が最初の指摘者かもしれません。

もう一つの指摘は、リスクも加法が成立するのです。これはリスクの次元が価値ならば、当然です。

価値の単位は必ずしも円やドルのような金銭的単位だけではありません。場合によっては人命を単位に取る事が早いこともあります。

世間でのリスクという言葉の使われ方を観察すると、リスク・アイテム(リスク事項)というべきときに単にリスクと言っていることが多いように見受けられます。

ここでリスク概念を明確にするために例を掲げます。

あることに挑戦するものとします。もし失敗すると100万円の損失を出す可能性があります。しかし、その失敗の確率は30%であるというものです。この場合、多くの人が誤解しているのですが、この挑戦のリスクは1000万円ではありません。100万円損する確率が30%で後の70%は損失0円なのです。

らこの挑戦のリスクは積和を取って30万円がリスクなのです。この確率と損失額の積和を取るところが、確率を重みとする重み付き平均を取っていますので、これは数学用語でいう期待値なのです。従って、リスクは損失の期待値なのです。

確率が判るのかと心配される方もおられるでしょう。確率は確かの度合いです。ここでは有効数字一桁の主観で気楽に考えれば良いのです。リスクも行こう数字一桁というよりも、桁が合えばよいというぐらいのものでから。

## 2. その他の二次元量の比較例

二次元量では比較できないので一次元量を定義して射る例を紹介します。

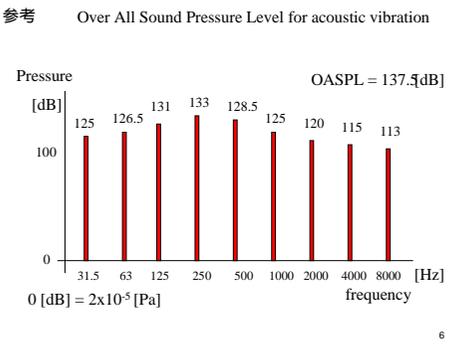
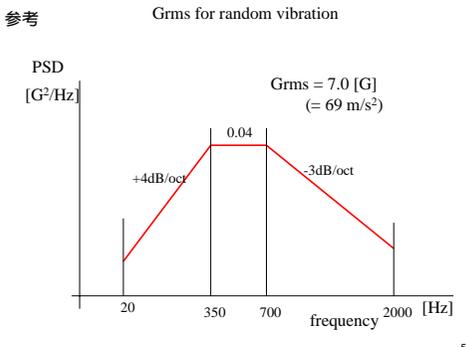
最初は振動環境です。

ロケットに搭載された人工衛星はロケットがエンジンを作動させている期間に大きな振動を与えます。その振動はランダム振動と言われ、低い周波数成分から高い周波数成分まで混ざったものです。

ロケットによってこの振動の大きさが違うだけでなく、周波数成分の割合も違います。そこで、横軸に周波数を縦軸に振動のパワー。スペクトル密度を取ってグラフによって示します。

衛星はこの振動に耐えるように製作しなければなりません。どのロケットの振動も成分分布の形状は似通っていますが、大きさ

を比較するのにグラフのままでは見当が付きません。そこで、振動の大きさの指標として全体を積分した平均加速度  $G_{rms}$  という量で表現する習慣があります。「7 Grms ならたいしたことはない」、とか「エンジンの倍で28 Grms もあるので振動対策が大変だ」というような言い方がされております。Rms はルート・ミーン・スクウェアで二乗平均根のことです。



次の例は音響環境です。ロケットの発射時に衛星にはフェアリングを通して大きな音響負荷がかかります。やはりランダムな周波数成分の音響で倍々の周波数で音圧レベルを表し、全体の負荷の大きさを示します。衛星の構造部分により周波数に応じて厳しさが違います。やはり、代表的に音響負荷の大きさを表すことが

必要なので、全周波数帯を積分したオーバー・オール・サウンド・プレッシャー・レベルという量を定義しています。音の大きさとしてフォンという単位もありますが、この量とは少し違っています。振動も音響も物理量としての二次元量ですが価値も本来二次元量であると考えられます。

価値は、心理量であると私は言っております。物質に付随した量でなく、人間が心に抱く量だからです。

この心理量は同じものに対しても異なります。その意味で主観的です。

価値あるものとはどういうものかを考えて見ますと、人間に必要性が高いものでかつ入手の難易度が高いものが価値あるものだと言えます。水や空気は人間に取って必要不可欠なものです。地上では容易に手に入るので価値はそれほど高くありません。特に空気は簡単に手にはいります。地上ではどこにでもあるわけですが、宇宙ステーションでは空気も入手性が容易とは言えなくなり価値は高くなります。

入手性が難しくても役立つものであれば価値は低いでしょう。価値の横軸と縦軸は単位のとおり方も難しいのですが、それらを合わせた価値と言う概念は一次元量として定量化に成功した心理量です。

### 3. 安全解析とリスク・マトリックス

安全解析として使われるリスク・マトリックスなるものを説明いたします。

宇宙ステーション(ISS)の設計時点で何度も安全審査を行っています。その中でも中心的な概念と言って良いでしょう。ある設計が安全なものか否かを検討するときの方法です。一般に安全解析では次のプロセスを取ります。

- (1) ハザードの識別
- (2) 設計で対処
- (3) リスクの見積もり
- (4) リスクの評価

ハザードとは事故が起きる状態を言うのです。昔、危険要因と訳されていたころがありますが、ハザードは危険か安全かの判定以前の状態をいう概念ですから、カタカナでハザードという方が良いでしょう。

ハザードは気がつかなければ対処のしようもありません。従ってまず識別(identification)することが第一です。宇宙環境では真空であるとか、宇宙放射線などがハザードです。

原子力分野では識別でなく同定と言葉が使われています。「虎穴に入らば虎児を得ず」という格言で考えてみます。虎児を得るといふミッションのため虎穴に入ろうとします。

親虎に襲われるかも知れない、穴が崩壊するかも知れない、と

いうことに思いあたると二つのハザードを識別したということになります。

#### ISSの安全評価(リスク・マトリクス)

国際宇宙ステーション(ISS)の安全解析におけるリスク指標

損失の大きさ

破局的 重大 軽微		C	B	A
		C	B	
	D	C	B	A
	滅多に	希に	時々	しばしば
	発生確率			

#### 安全評価の例(NASDA-STD-12)

		確率					A: しばしば		
		F	E	D	C	B	A	B: たまに起こる	
		1	2	3	4	5	6	C: 稀に起こる	
損失の程度	無視可能	1	1	2	3	4	5	6	D: 殆ど発生なし
	軽微	2	2	4	6	8	10	12	E: 殆ど全く
	重大	3	3	6	9	12	15	18	F: 全く起こり
	破局的	4	4	8	12	16	20	24	得ない
		実際に、十分小さい(ALARP)							

宇宙に行けばどのようなハザードがあるかは既に判っています。詳細には、ミッションごとに特有のハザードが識別されます。そして、識別した事項に対し設計で対処することになります。国際宇宙ステーション(ISS)ですと与圧室を十分頑丈に作り、空気が漏れなくなるといふようなことです。虎児の例ですと、鎧をつけるとか穴を補強するとかの工夫をすることです。次に個々の設計に対して、リスクを見積もります。その設計が意図したように機能する確率と、もし機能しなかった場合の損失

を見積もります。見積もると言う言葉を使うと「できない」と言う返事が返ってくるかもしれませんが、誰でも無意識にやっていることなのです。ISSですら非常に大雑把に捉えています。

そして、リスクが大きい小さいかを判定します。

安全とはリスクが許容できるほど小さい状態を言うのです。

各部分の設計のリスク見積もりを合わせたものがリスク・マトリックスと呼ばれているものです。

縦軸、横軸の一方を懸念する事故が起きる確率、他方をもし事故が起きた場合の損失の大きさです。本来は横軸も縦軸も連続的な座標であるべきものですが、大雑把にしか把握できませんから大きく区分するのです。

ISSの例では3×4のマトリックスで判定しています。そして事故の発生確率として、「しばしば」、「ときどき」、「稀に」、「滅多に」という言葉で表現し、損失の大きさのほうも「破局的」、「重大」、「軽微」の3種類にしてあります。

通常の安全解析用の文書ではこのマトリックスをもう少し大きくしたものが多いようです。

そして、設計結果が、「破局的」で「しばしば」の要素に落ちた場合は許容できないとして、設計見直しになります。

損失の大きさのほうは、ミッションで決まってきた変えられないことが多いのですが、発生確率のほうは設計で対処し、十分小さくすることになります。

#### 4・リスク評価の合理性

ISSのリスク評価があまりにも大まかなので驚いた方もおられるでしょう。大まかな理由は現状では細かくしても意味がないと考えられるからでしょう。

この原因はリスク概念の捉え方が曖昧なことに理由があります。最初に述べましたようにリスク概念を明確に捉えていないことに原因があります。

定量的リスク解析(QRA)という言葉はあり、その用語に関係した論文も見かけますが、なかなか広まりません。

定量的リスクという言葉があるということ自体がリスクは定性的なもののような印象を与えています。本来、リスクは量なのです。

もう一つの理由は確率が頻度概念で捉えられていることです。確率は確信の度合いなのです。

## おわりに

まとめますと、リスクは定量化すべき心理量であって、ワルドの定義に従い、「損失の期待値である」ということです。

(平成28年9月8日)

### 物理量と心理量

- 物理量: 長さ、質量、時間、温度、...
- 心理量: 価値  
リスク  
確率  
好感度、

## まとめ

リスクは定量化すべき心理量である

リスクは損失の期待値とすべきである  
(ワルド: 1950年)