

リスク評価再考

原 宣一

リスクを主対象とする解析は、リスク・マネジメント以外にも安全解析、環境影響解析、FMEA 等がある。しかし、奇妙なことにいずれもリスクの評価にリスクを用いていない。

リスクは広い意味に使われてはいるが、損失の期待値と定義するのが良い。リスクは価値の次元を持つので円やドルの単位を使って表すことが出来る。確率と価値に対して常用対数を採用すると簡単な加算のみでリスクの評価が出来る。

1. まえがき

リスクの概念はこれを意識する、しないに関わらず、人間の活動にとって最も重要な概念の一つである。

様々な分野で使われてきたためか、リスクの定義は必ずしも統一したものでない。しかし、二つの要素から構成されていることは共通している。一つは、ある懸念する事項が悪い結果に終わった場合の被害または損失の大きさであり、二つ目はそれが懸念したとおりになってしまう可能性の度合いである。

安全解析の分野では、リスクの二つの要素は事故が起きた場合の被害の度合いとその事故が起きる可能性である。

信頼性解析の一つ、故障モード及び影響解析(FMEA)ではアイテムが故障した場合の影響の大きさ、故障原因が作り込まれてしまう度合い、それを発見できる度合いの三つの要素で検討される。しかし、各種の検査でも発見し得なかった故障要因の残存確率が問題なのであり、後者の二つは一つの要素、故障

確率に統合できるものである。

環境影響評価においても、結果の重大性、発生の可能性、発見の可能性と三つの要素で検討される。FMEA と同様、発生の可能性と発見の可能性は統合すべきものである。

プロジェクトのリスク・マネジメントはプロジェクトの開発のための最適な資源配分を行うことである。ここでは、開発すべきアイテムが故障した場合の損害の大きさと、その確率が重要な二つの要素である。

なお、リスク・マネジメントにおいてはスケジュールに対する影響、その他の影響を考慮する事が多いが、リスクの評価のためにはいずれも損害の大きさに換算して組み込むべきものである。

リスク事項はプロジェクトの早期から識別され、そのリスクが許容可能なレベルまで小さくなるようにプロジェクトを進めなければならない。

2. リスクの定義

「リスク」という用語はしばしば懸念事項の意味で使われる。しかし、懸念事項に対しては、例えば「リスク事項」という言葉を充てて「リスク」とは区別した方が混乱のおそれが無い。安全の分野では「リスク事項」に相当する言葉として「ハザード」という用語があり、「リスク」とは明確に区別されている。即ち、ハザードとは「事故が起きる要因が潜在または顕在する状態をいう。」と定義されている(1)。

典型的なリスクの定義として NASA による次のものがある(2)。

「リスクは事故が起きたときの損失の大きさと事故の起き易さ(頻度)とを組み合わせた概念である。」

つまり、リスクは損失の大きさだけでも、事故の起き易さだけでも片方では意味が無くて、両方を組み合わせて同時に考慮すべき量であることをこの定義は述べている。

実際、NASA が主導する国際宇宙ステーション(ISS)計画における安全評価では各ハザードに対し、この二つを組み合わせたマトリックスのどこに位置するハザードであるかだけでリスクを評価している(2)。

即ち、損失の大きさの大きい方から、の3段階で、発生確率(頻度)を高い方から A、B、C、D の4段階に区分した3×4のマトリックスで A、C のような標記で表している(図-1)。しかし、これでは A は B よりリスクの大きい事項であり早急に解決策が必要であることは判るが、I C と

	C		A
	C	B	
D	C	B	A

図-1 ISS の安全解析におけるリスク指標

B はどちらの方がリスクは高いのか判らない。

リスクが高い、低いと比較することが出来るためにリスクは一次元量でなければならない。従って、上述に紹介した NASA のリスクの定義では、さらにリスクの評価式を別に定義する必要がある。

損失の大きさと確率という二つの量はそれぞれを乗じる以外に意味を持たせられない。そこで、リスクの定義としてその二つの要素である損失の大きさと発生確率を乗じたものとするか、これをより一般化した表現として損失の期待値とすることが適切なのである(3)。

そして、リスクが損害の期待値であるならば、リスクは価値の次元を持ち、損害と同じ単位で測られなければならない。リスクは加算できる事も含め、このことをかなり明確に言及しているものに米空軍のレンジセーフティマニュアルがある(4)。

3. 現行のリスク評価と問題点

現行の典型的なリスク評価の例として、安全解析におけるものを図-2 に示す(5)。

	F	E	D	C	B	A
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	4	5	6
2	2	4	6	8	10	12
3	3	6	9	12	15	18
4	4	8	12	16	20	24

図-2 典型的な安全解析のリスク評価の例
(NASDA-STD-12 より)

おのこのハザードが事故の影響の大きさとその事故が生じる度合い又は頻度で解析される。この例では、影響の度合いで：破局的、：致命的、：軽微、：無視出来る、の4ランクである。より大きいランク数4がIに与えられている。時に頻度と呼ば

れる発生確率については A：頻繁に、から、F：可能性無し、までの6段階に分類されている。より大きいランク数6がAに与えられている。おのおののハザードはこの4×6のマトリックスのどの位置にあるかによって評価されるものである。このマトリックスの各要素はその位置に対応する二つのランク数のかけ算で得られた値が割り当てられている。

典型的な意志決定基準は「マトリックス要素の値が10以上のハザードは(リスクが高いから)許容出来ない」とするものである。しかし、このマトリックスの要素はリスクに対応していない。

FMEAの場合は、影響の大きさに10段階、故障原因の生成確率に10段階、故障原因の(非)発見率に10段階の、それぞれのランク順位数を掛け合わせたRPN(Risk Priority Number)の数値の大きさを評価される(6),(7)。しかし、RPNがリスクに直接対応していないことは明らかである。

環境影響評価の場合は、結果の重大性に2～10の5段階、発生の可能性に1～5の5段階、発見の可能性に1～5の5段階を与えている。そして、評価式として次式により2～100の値が得られるようにしている(8)。

評価 = (発生の可能性 + 発見の可能性) × 結果の重大性

この評価式もリスクに対応するものではないことは明らかである。

ESAがISOにリスク・マネジメントの標準化のために提案しているもの(9)を見ると、リスクは影響の大きさと発生度の積であると書いてあるものの、実際に、マトリックスの要素は影響の大きさのランク数と発生度のランク数の積が使われている。これは明らかにすり替えられた積が採用されている。

4. 正しいリスク評価マトリックス

図-2で、マトリックス要素が大きな値のハザードは明らかに許容できないし、逆に小さい値のハザードも明らかに無視すべきものである。常に、頭を悩ませる決定はその境界付近に位置するハザードである。これらは、ときにALARP(実際問題として合理的に小さい)領域と称し、許容される。

我々はこの境界の線引きに神経を使うべきである。何故ならば、プログラム・マネジャーが新たな資源を割り当てるか否かの決断に関わるからである。それ故、この境界を決める従来の方法はリスクに対応するものに変える必要がある。

これまでのリスク評価にリスクが使われなかった理由は次のような事であろう。

「影響(又は損害)の大きさ、及びその確率は正確に見積もれず、ランク分けぐらいが関の山である。従って、そのランク順位数を掛け合わせて一つの数値にしたものでも、大体リスクの大きさに対応するであろう。」

リスクの二つの要素についての見積もりは、ランク分けぐらいの大まかなものしか出来ないとしても、リスクは損害の期待値であるとの定義どおりにリスクの数値で評価すべきである。正しいリスク評価はリスクで判断することである。但し、その常用対数を使うことが实际的である。

	F	E	D	C	B	A
	-6	-5	-4	-3	-2	-1
4	-2	-1	0	1	2	3
6	0	1	2	3	4	5
8	2	3	4	5	6	7
10	4	5	6	7	8	9

図-3 安全評価の見直し例

図-3は図-2のランク数のかけ算の代わりにリスクの常用対数を取って書き直したものである。ここで発生の可能性については、

A：頻繁に、は確率 10^{-1} 、F：可能性無し、は確率 10^{-6} を当てている。

また、影響の大きさについては損失の実額換算値として、I:破局的、とは 100 億ドル (10^{10} ドル) を当て、：無視できる、とは 10^4 ドルを当てた。

そして、許容できるリスクとして 1 万ドル以下として境界線を引いている。

このように決めた境界線は、従来のもの、図-2 と異なっていることが重要である。何故なら、この部分が常に対策を取るか否かの決断の岐路になるからである。従来の方法では意志決定のためのリスク評価にリスクそのもので判断していなかったことになる。

確率の対数は負数になる。もし、指標に負数をつかうことを嫌うならば全体に、例えば、7 を足しておけばよい。このことは、必ず生起する確率を 1 とするのでなく 1 千万としたことに対応する。

5 . あとがき

NASA はスペース・シャトルの 1 回の飛行で全損事故が生じる確率は 2002 年に $1/250$ との数値を公表している(10)。シャトルの価格が 2000 億円として、その他の損失を 500 億円と見積もるとシャトルの飛行 1 回当たりのリスクは 10 億円となる。人員の損害等を含めて 1 兆円の損失と見ても、リスクは 40 億円である。

H- やデルタ VI 等の使い捨てロケットの打上げ成功確率を 95% とし、失敗した場合の全損失額を 1000 億円と見積もると、リスクは 50 億円となる。

NASA はシャトルの運行はリスク・ビジネスであると言っているが、ロケットの打上げと比べればリスクはほぼ同じか、やや小さいと言えるであろう。

プロマネがサブマネを必要とするような

大きなシステムの設計では、合理的な資源配分のために、リスクを絶対額で把握する習慣を持つことが必要不可欠のことである。

参考資料

1) NHB 1700.1B “NASA Safety Policy and Requirements Document”, June 1993

2) SSP 30309E “ Safety Analysis and Risk Assessment Requirements Document International Space Station Alpha Program”, Oct.28, 1994

3) 「原子力の安全性」、近藤俊介、同文書院

4) ETR 127-1 Range Safety (USAF)

5) NASDA-STD-12 「システム安全標準」

6) “Failure Mode and Effect Analysis FMEA from Theory to Execution”, D.H. Stamatis, ASQC Quality Press

7) 「FMEA 改良提案」、原宣一、第 30 回信頼性保全性シンポジウム、2000 年 7 月 11 日

8) ISO 環境マネジメントシステム構築 2 日間講習会 (株) トーマツ環境研究所
平成 10 年 1 月

9) ESA: ECMM-M-00-03A Space Project Management, Risk management, 25 April, 2000

10) Space Shuttle Safety Upgrade Strategy, August 24, 2000

11) SSP 50259 ”Risk Management Guide”

12) 平成 11 年度宇宙開発事業団委託業務成果報告書、宇宙開発における技術開発管理手法の検討 (その 3) (副題：リスクマネジメント手法の検討) 2000 年 3 月、日本航空宇宙工業会

13) IAA-97-IAA.6.2.06, “Risk as a Resource”, M. Greenfield, October 6-10, 1997

14) “Space Shuttle Probabilistic Risk Assessment”, Joseph R. Fragra

(はら のりかず)