

第2部：現行リスクアセスメント手法の問題点解消のための考え方

3 どのような手法でリスクを見積もり、リスクを評価すればよいのか（定量法の神話）

第2部の「2. どうすればリスク評価のバラツキを少なくできるのか」では、リスクを評価するためのファクター（「危害のひどさ」「被災の可能性（危害の発生確率）」など）の具体的な判定基準について説明しましたが、ここではこれらの基準に基づく判定結果を用いて具体的にリスクを見積もり（各ファクターの組み合わせについて順位付けを行う）、リスクが許容できるかどうかを評価するためのやり方について、下記の2項目に分けて説明します。

リスクの見積もり方法〔定性評価、定量評価〕

リスクを評価するための各ファクターの組み合わせについて、リスクの大小を見積もる（各組み合わせのリスク順位をつける）方法として一般的に用いられる手法に、定性法（マトリクス法、ツリー法）、定量法（加算法、積算法）があります。ここではそれぞれの手法の利点、欠点はなにか、またこの利点、欠点を踏まえた上でどの手法が推奨されるのかについて説明します。

特に定量法（加算法、積算法）は、各ファクターの点数設定を適当（任意）に設定すると現実と合わないおかしなリスク順位を与えるので、注意が必要です。「各ファクターの点数を任意に設定しても加算（積算）結果の数値の大小が合理的なリスク順位を与える（これを私は「定量法の神話」と呼んでいます）」と思い込んで定量法を採用したために、算定されたリスク順位が現実から予測される順位と異なるためにどう取り扱うかで苦労している（算定されたリスク順位を現実に合わせてするために、算定結果に種々な補正を加えて使用している）企業が多いので、注意を喚起したいと思います。

リスクの評価〔リスクレベルの区分分け〕

安全に関する国際規格では「安全」の定義を「誰もが認めることができない『受け入れ不可能なリスクがない（freedom from unacceptable risk）』こと」としています。この場合、「受け入れ不可能なリスクがない」レベルというのはそれぞれの国の社会的な事情を考慮して決めることになっており、「世界の誰もが認めるほどに低いリスク」というものではありません。このように“ある事情を考慮する”ことからリスクは一般的に下記のように4つに区分されています。

受け入れ可能なリスク

許容可能なリスク

許容不可能ではないリスク

許容不可能なリスク

ここでは、～ に区分する“ある事情”、及び、で求めたリスクの順位（リスクの大小）を基に、どのように上記4つの区分に分類すればよいのかについて説明します。

(1) リスクの見積もり方法〔定性評価、定量評価〕

リスクの見積もり方法の種類

- ・各危険源の持つリスク〔R〕は、その危険源による「危害のひどさ」および「被災の可能性（危害の発生確率）」の2つ（場合によってはこれに「暴露頻度」を加えて3つ）の指標によって評価されます。
- ・より具体的には、「危害のひどさ」および「被災の可能性」をいくつかのランクに分け（例えば「危害のひどさ」：『死亡・致命傷』『重傷』『中傷』『軽傷』の4ランク、「被災の可能性」：『非常に高い』『高い』『ある』『ほとんどない』の4ランク）、これらのランクの組み合わせについてリスクが高いか低いかを判定して、リスクの高い方から低いほうへ（逆でも良い）順位付けを行うことで評価します。
- ・これら指標の各ランクの組み合わせを順位づける手段として、一般に用いられているものに下記に示す「マトリクス法」、「定量法（加算法、積算（かけ算）法）」及び「リスクグラフ法」の3つがあります。
- ・以下、それぞれの手法と利点、欠点について説明します。

マトリクス法

- ・各ファクターのランクの組み合わせについて任意に順位づけを行うやり方です。
- ・順位づけする根拠（論理）が明確であれば、現実に応じた順位になります。
- ・表3 - 1は、危害のひどさを重視して順位づけをおこなった例です。この場合、被災の可能性が「ある」場合と「ほとんどない」場合を峻別して、「ほとんどない」場合はたとえ危害のひどさが「死亡・致命傷」でも「軽傷」で被災の可能性が「ある」場合に比べてリスク順位は低いとしています。（「2. どうすればリスク評価のバラツキを少なくできるのか(3)被災の可能性（危害の発生確率）」で述べたように、「ほとんどない」場合の安全方策が「危険源の本質安全化」あるいは「安全確認型」であれば、「ある」の安全方策である「危険検出型」よりもリスクは小さくなります。）

表3 - 1 マトリクス法によるリスク順位

| 被災の可能性（安全方策） | 危害のひどさ | | | |
|-------------------------|--------|----|----|----|
| | 死亡・致命傷 | 重傷 | 中傷 | 軽傷 |
| 非常に高い（なし） | | | | |
| 高い（標識、マニュアル） | | | | |
| ある（危険検出型） | | | | |
| ほとんどない （本質安全化、安全確認型） | | | | |

- ・マトリクス法の欠点は、ファクターの数が増えると表が複雑となることで、実用性を考えるとファクターは3つ（例えば、「危害のひどさ」、「被災の可能性」、「暴露頻度」の3つ）が限度と言えます。

定量法（「定量法の神話」）

- 各ランクに（任意の）点数を与え、これを加算又は積算した値の大きさをリスクの順位づけを行うやり方です。一例を表3 - 2（加算法）、表3 - 3（積算法）に示します。
- 表3 - 2（加算法）の点数配分だと、危害のひどさが「死亡・致命傷」だが「危険源の本質安全化」あるいは「安全確認型」の安全方策を用いたことにより被災の可能性を「ほとんどない」レベルにした場合のリスク順位（〔 〕）が、「重傷」で被災の可能性が「ある」及び「高い」場合のリスク順位（それぞれ〔 〕、〔 〕）よりも高く見積もられます。（それだけでなく、「中傷」で被災の可能性が「高い」よりも高く、また、「非常に高い」場合と同等、「軽傷」で被災の可能性が「非常に高い」場合よりも高い、と見積もられる。）

表3 - 2 加算法によるリスク順位

| 被災の可能性 | | 危害のひどさ | | | |
|--------|---|--------|-------|-------|------|
| | | 死亡・致命傷 | 重傷 | 中傷 | 軽傷 |
| | | 10 | 6 | 3 | 1 |
| 非常に高い | 8 | 18〔 〕 | 14〔 〕 | 11〔 〕 | 9〔 〕 |
| 高い | 4 | 14〔 〕 | 10〔 〕 | 7〔 〕 | 5〔 〕 |
| ある | 2 | 12〔 〕 | 8〔 〕 | 5〔 〕 | 3〔 〕 |
| ほとんどない | 1 | 11〔 〕 | 7〔 〕 | 4〔 〕 | 2〔 〕 |

〔 〕内の数値は加算結果を基にしたリスク順位

- 上記結果は、危害のひどさが「死亡・致命傷」である限り、たとえ「最高の安全方策を採用」しても、「重傷」で被災の可能性が「ある」及び「高い」場合、あるいは「中傷」で被災の可能性が「高い」及び「非常に高い」場合、「軽傷」で被災の可能性が「非常に高い」場合よりもリスク順位が低くならない、ということになります。すなわち加算法は現実に合わない順位を算出するという事です。
- 表3 - 3（積算法）の場合は、「軽傷」で被災の可能性が「非常に高い」場合を除き、上記のようなおかしい見積もり結果にはなっていません(表3 - 3 青字部分)。しかし、表3 - 3 茶字部分のように、「中傷」で「ある」、「軽傷」で「高い」・「ある」及び「非常に高い」よりもリスクは高く見積もられるので(このことは加算法の場合も同じ)、積算法でもマトリクス法に比べて現実に合わない部分が出てきます。

表 3 - 3 積算法によるリスク順位

| 被災の可能性 | | 危害のひどさ | | | |
|--------|---|--------|--------|--------|-------|
| | | 死亡・致命傷 | 重傷 | 中傷 | 軽傷 |
| | | 10 | 6 | 3 | 1 |
| 非常に高い | 8 | 80 [] | 48 [] | 24 [] | 8 [] |
| 高い | 4 | 40 [] | 24 [] | 12 [] | 4 [] |
| ある | 2 | 20 [] | 12 [] | 6 [] | 2 [] |
| ほとんどない | 1 | 10 [] | 6 [] | 3 [] | 1 [] |

[] 内の数値は加算結果を基にしたリスク順位

- ・ 定量法はなぜこのようなおかしな結果を与えるのでしょうか。それは、各ファクターのランクに付与された点数が任意で論理性がないからです。

表 3 - 2 (- 3) の各ファクターのランクに付与された点数は、以下の考え方で付与されたものです。(表 3 - 4 参照)

「危害のひどさ」は「被災の可能性」よりもリスク評価に関して重視するファクターということから最高点を「被災の可能性」よりも 2 点高い 10 として、各ランク間の差は 4 (=10 - 6)、 3 (=6 - 3)、 2 (=3 - 1) と 1 点ずつ差をつけています。

「被災の可能性」は最高点を 8 として、各ランク間の差を 4 (=8 - 4)、 2 (=4 - 2)、 1 (=2 - 1) と 2 倍にしてあります。

一見ただけでは特に問題はないように見えます。

表 3 - 4 各ランク間の差

| 被災の可能性 | | 危害のひどさ | | | |
|--------|---|--------|----|----|----|
| | | 死亡・致命傷 | 重傷 | 中傷 | 軽傷 |
| | | 10 | 6 | 3 | 1 |
| 非常に高い | 8 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 高い | 4 | 2 | | | |
| ある | 2 | 1 | | | |
| ほとんどない | 1 | | | | |

- ・ 加算法で計算する場合について考えてみましょう。
加算法の場合は各ランクの差が直接リスク差となります。
「危害のひどさ」のランク間差 (4 - 3、 3 - 2) は 1 点で同じであり、妥当であると考えられます。
これに対して、「被災の可能性」のランクの差は、「非常に高い」と「高い」場合のリスクの差 4 (=8 - 4) に対して、「ある」と「ほとんどない」場合のリスク

差は 1 (=2 - 1) で、両者の間に 3 点 (= 4 - 1) も差があるというのはどう考えてもおかしい、妥当性に欠けるといえます。

一般に、被災の可能性が「非常に高い」と「高い」に関してはどちらもリスクが高いランクなので両者のランクの差はあまり大きくなるともよいが、「ある」と「ほとんどない」に関しては両者のリスクがかなり違うので、両者のランクの差は「非常に高い」と「高い」のランク差に比べ大きくなる(少なくとも同等以上)のが妥当であると考えられます。

すなわち、「危害のひどさ」の各ランクの点数は「加算法」に適した設定となっているが、「被災の可能性」の各ランクの点数は「加算法」に適さない設定になっているので、加算法で計算すると妥当性を欠く結果になる、といえます。

- ・積算法で計算する場合は、リスクの大きさが二つのファクターの積になるので、加算法のようにファクター間の差が直接リスクの差にはなりません。そのため、ファクターの点数設定に妥当性があるかどうかを配点から単純に推測することはできません。(積算結果を見て妥当性があるかどうかを検証するのが分かりやすい。)
- ・表 3 - 1 マトリクス法によるリスク順位と同じ結果を与えるように、試行錯誤で点数配分を求めた加算法の例を表 3 - 5、積算法の例を表 3 - 6 に示します。
(積算法に比べて加算法の配点が端数を含んでいるのは、このように微調整しなければマトリクス法と同じリスク順位を与えることができないからです。)

表 3 - 5 加算法におけるランク点数設定例

| 被災の可能性 | | 危害のひどさ | | | |
|--------|----|---------|---------|---------|--------|
| | | 死亡・致命傷 | 重傷 | 中傷 | 軽傷 |
| | | 58 | 43 | 15 | 1 |
| 非常に高い | 95 | 153 [] | 138 [] | 110 [] | 96 [] |
| 高い | 82 | 140 [] | 125 [] | 97 [] | 83 [] |
| ある | 66 | 124 [] | 109 [] | 81 [] | 67 [] |
| ほとんどない | 1 | 59 [] | 44 [] | 16 [] | 2 [] |

表 3 - 6 積算法におけるランク点数設定例

| 被災の可能性 | | 危害のひどさ | | | |
|--------|-----|----------|---------|---------|---------|
| | | 死亡・致命傷 | 重傷 | 中傷 | 軽傷 |
| | | 10 | 6 | 2 | 1 |
| 非常に高い | 130 | 1300 [] | 650 [] | 260 [] | 130 [] |
| 高い | 120 | 1200 [] | 600 [] | 240 [] | 120 [] |
| ある | 50 | 500 [] | 250 [] | 100 [] | 50 [] |
| ほとんどない | 1 | 10 [] | 5 [] | 2 [] | 1 [] |

- ・表3 - 5の加算法で、「被災の可能性」の「ある」と「ほとんどない」との差は65点(= 66 - 1)、「非常に高い」と「高い」の差は13点(= 95 - 82)と5倍の差があるということは、それだけ両者の差に重みづけがなければならない(そのような点数配分にしなければ現実に合わない)、ということを示しています。

「危害のひどさ」「被災の可能性」「暴露頻度」の区分毎に**適当な点数を付与して加算(積算)すれば、合計の数値の大きさがリスクの大きさを現す(数値の大きい方がリスクが高い)**との前提で定算法を用いていますが、**これは完全なる誤解であることがわかりいただけ**と思います。

冒頭に「各ファクターの点数を任意に設定しても加算(積算)結果の数値の大小が合理的なリスク順位を与える(これを私は「定算法の神話」と呼んでいます)」と注意を促したのは、このことです。

リスクグラフ法

- ・リスクに寄与するファクターの優先順位を決め、第一優先のファクターをランクに分岐させ、次に分岐したランクのそれぞれについて第二優先のファクターを分岐させることでリスク順位を決めるやり方です。
- ・「危害のひどさ」と「被災の可能性」の二つのファクターについて、「危害のひどさ」の優先順位が高いとして4つのランクに分岐させたものを図3 - 1に示します。

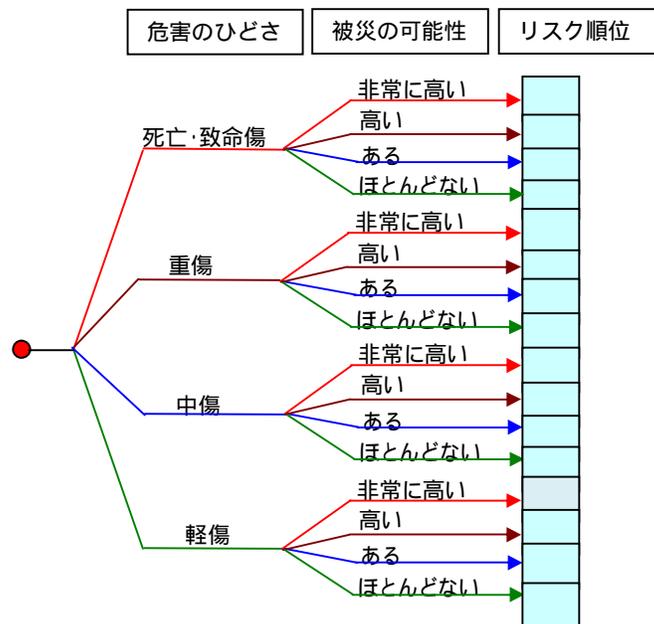


図3 - 1 リスクグラフ法によるリスク順位の見積もり例

- ・リスク順位を図3 - 1のようにリスクの低いほうから ~ と単純に付与すると、例えば危害のひどさが「死亡・致命傷」で被災の可能性が「ほとんどない」場合の

リスク順位は「重傷」で「非常に高い」場合のリスク順位より高くなり、現実とかけはなれた見積もり結果となります。(赤字で示したリスク順位は、同様に合理的でないものを示す。)この見積もり結果は加算法よりもさらに妥当性がないといえます。

- ・ 見積もり結果に妥当性を持たせるため、各組み合わせのリスク順位を表3 - 1 マトリクス法によるリスク順位と同じにすると図3 - 2 (1) になります。茶色の数字で示したところの順位がきれいに並んでいないので、順位の並べ替えを行ったものが図3 - 2 (2) です。

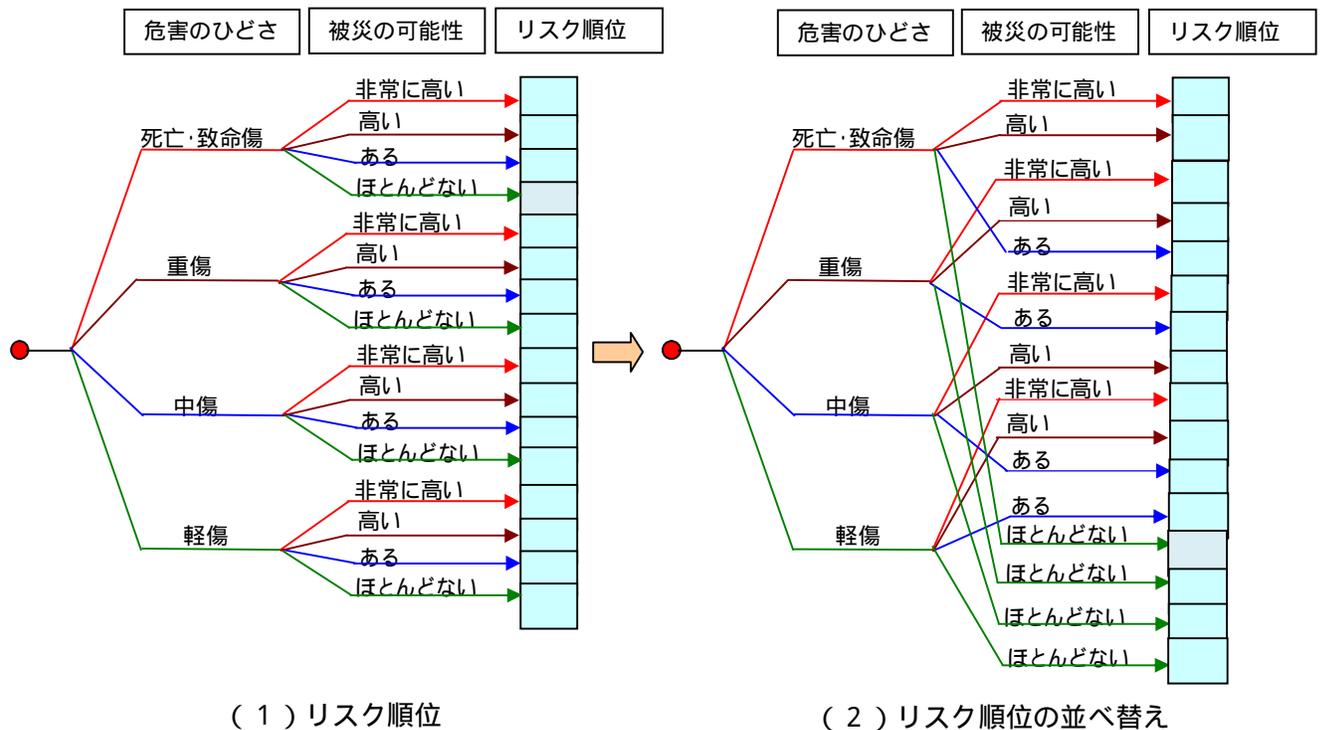


図3 - 2 マトリクス法と同じリスク順位のリスクグラフ法

- ・ 図3 - 1 . - 2 は「危害のひどさ」と「被災の可能性」の二つのファクターについて示したのですが、結構複雑で見難い状況です。これに「暴露頻度」を加えて3つのファクターで分岐させるとなると複雑きわまりない図になります。これらのことからリスクグラフ法はランクの数が多いと使い難いことがわかりただけだと思います。
- ・ ランク分けが4つだから使いにくいのなら2つ(2分割)にすれば使えるのか、ということで2つのランクで分けたリスクグラフ法を図3 - 3 に示しました。一見するとリスク順位は〔A〕でよいようにも思われますが、図3 - 1 , - 2 のリスク順位を見れば分かるように、〔A〕ではなく〔B〕のリスク順位が実態に合うこととなります。

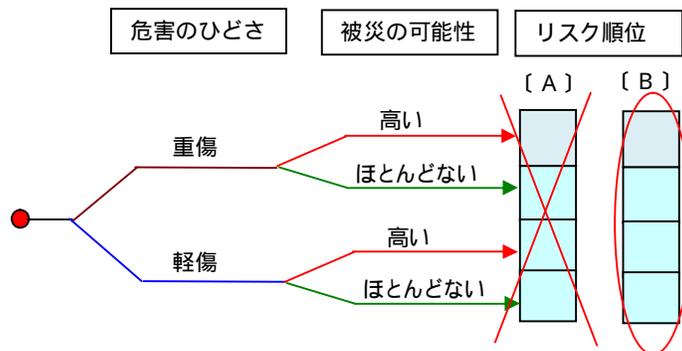


図3 - 3 2つのランクで分けた場合のリスク順位（リスクグラフ法）

- なお、国際規格において例示されているリスクグラフ法（図3 - 4）は、リスクレベルを「許容される」レベル以下にする安全防護策としてインタロックのような制御システムを採用する場合に、その制御システムの安全関連部が持つべき故障耐性（カテゴリ）を選択するためのものです。故障耐性（カテゴリ）のレベルは、制御システムの安全関連部が故障した時に人が自力で危害を回避できるかどうかにかかっているため、用いられる評価のファクターは「暴露頻度」と危険状態の「回避の可能性」（人が危険源に暴露した場合に自力で危険を回避できる可能性）です。このホームページで述べているリスクアセスメントは、評価ファクターとして安全防護策のレベルから求められる「被災の可能性」を用いています。（第2部 2 (3) 被災の可能性（危害の発生確率）参照方）。安全関連部のカテゴリを選択するためのリスクアセスメントではありませんので注意願います。

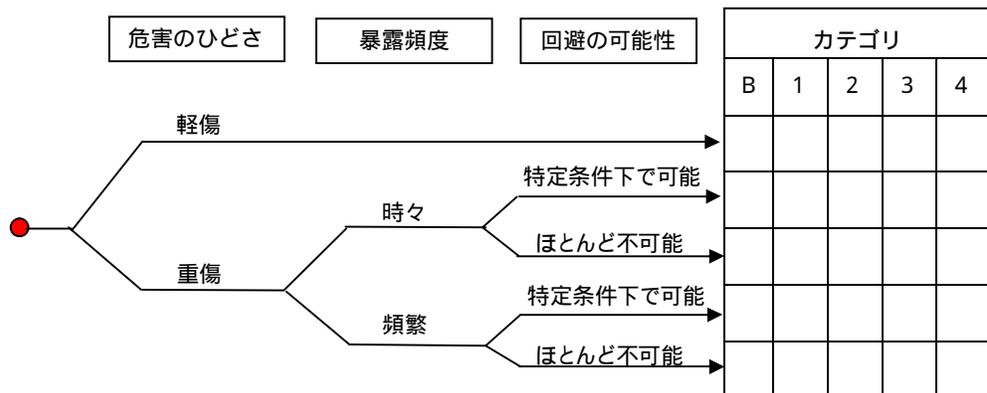


図3 - 4 制御システムの安全関連部が持つべきカテゴリを選択するためのリスクグラフ法