

確率論的リスク評価 (PRA) とリスクリスト

山口 彰*

Probabilistic Risk Assessment (PRA) and Risk List

Akira Yamaguchi *

現代社会はリスクであふれている。自然災害、テロリズムや犯罪、科学技術、感染症、食糧と飲料水、環境破壊などである。あるリスクを回避しようとすれば、それが別の、場合によってはさらに深刻なリスクをもたらさう。今こそ、広範なリスク評価を実施してリスクリストを用意する必要がある。

Key word: リスク評価、対抗リスク、不当なリスク、リスクトリプレット、リスク管理

1. リスクにあふれる社会

私たちの日常は病気、事故、犯罪、それに失業、公害、食品偽造、身の周りの不安を数え上げればきりが無い。最近では感染症 (COVID-19)、台風や豪雨など気候変動がもたらしているかもしれない自然災害、地震に津波、火山も心配である。核攻撃やテロリズム、原子力発電所、遺伝子組換え、人口爆発、ナノテクノロジーなど、科学技術のリスクもある。リスクと聞けば私たちはどのような反応を見せるだろう。得体の知れぬ、厄介なもの、何か不利益をもたらすもの、不安なもの、そのように考えるのではないだろうか。ましてや、リスクを受け入れるとか、リスクと共存するなどもってのほかである。リスクは忌み嫌い、避けるものに他ならず、小さいほどよいに決まっている。なぜ好きこのんでさらなるリスクを背負いこまなければならないのか。

新しく現れるリスクはとても気になるものである。非日常的なものを目の前にするときや、これまでになかった行動を起こすとき、新技術を導入するとき、それに伴うリスクが心配になるのは自然な感覚である。しかし、新しいものにチャレンジをしないことによってもたらされるかもしれないリスクを考えたことがあるだろうか。

自動車はとても便利なものである。それは先人

が自動車の技術開発と普及にチャレンジしたからである。しかし、自動車には交通事故のリスクがある。排気ガスは環境に悪い。自動車を運転すれば、他人を事故に巻き込むかもしれない。最近の高齢運転者の運転操作がうまくいかず一般市民を死傷させる事故を耳にすると心が痛むものである。こんなことならば、自動車など世の中になければよかったのに。

自動車をやめてしまえばリスクから解放されるであろうか？自動車のない暮らしを想像して欲しい。ちょっとした移動にも長い時間がかかる。買い物に行くにも不便きわまりない。救急車がなければ急病になって病院に行くこともかなわない。自動車による交通事故のリスクは回避できても、自動車のない不便を実感しながら生活するリスクははるかに大きいかもしれない。自動車のない生活はさまざまな不便と新たなリスクを生み出す。交通事故リスクや環境リスクと背中合わせで、そのリスクを管理しながら、私たちは自動車の恩恵を受けていると言わざるを得ない。

このように、あるリスクを回避する行為が別のリスクを産み出すことは多い。それが同種類のリスクであれば問題は比較的やさしい。例えば、交通手段として、新幹線と飛行機のどちらを選ぶかは、費用、時間、事故率などを考えて好みで決めれば良い。飛行機が嫌いなならば新幹線を選べば良い。同じ性質のもの比較だからである。一方で、違う種類のリスクの比較は難しい。あるリスクを

* 東京大学大学院 工学系研究科 教授
Professor, The University of Tokyo, Graduate School of Engineering

削減あるいは回避すると、別のリスクが生じるのが常である。これを対抗リスクとって、私たちが何かの意思決定をするときによく考えなければならない。

2. 不当なリスクとリスク管理

リスクを最小化あるいは最適化するためにどうすればよいか、それは簡単ではない。もしもリスクが、ものさしで長さを比べるように測ることができるならば分かりやすい。現実には、リスクは多くの評価軸をもつ。リスクだけでなく、それを回避する場合の対抗リスクも含めるべきであろう。それぞれの重要度を勘案して全体としての最適化をめざすのである。

これら評価軸が織りなす空間をリスク空間と呼べば、この空間の中の点はリスクの組み合わせ、私たちの選択肢といってもよい。それは、私たちがめざす安全の姿を表している。どのようなリスクであれば受け入れるのかを決めなければならない。リスク空間の点の周辺から逸脱しないようにすることが大切である。新しい知見や情報を反映し、技術力を磨き、リスクを定量化し、意思決定を行う。リスク評価を実施してその仕上がり具合を確認するとともに今後の活動の方向性を見定める。この一連の活動をリスク管理という。

受け入れられないような理不尽なリスクがない状態は安全が確保されているといえるのではないだろうか。米国の原子力規制委員会の報告書に“**No Undue Risk**”というタイトルのものがある[1]。「不当なリスクがないこと」という意味である。”**No Undue Risk**”は、米国原子力規制委員会が運転中の商用原子炉に対して導入した最も重要な原子力安全向上の歴史そのものであると、この報告書は述べる。私たちが求める安全の姿から逸脱している状況は不当なリスクがある状態である。科学技術を受け入れるならば、不当なリスクがないようにしなければならない。

しかし、“**No undue risk**”を実現するのは大変に難しい。その理由は2つある。ひとつは、私たちは生来、リスクを回避したいものだからである。リスクを伴う技術や活動を目にしてリスクを回

避したいと考えれば、リスクが不当であるか、そうでないかは問題ではなくなる。リスクの存在そのものが困るのである。2つ目の理由は”**No undue**”の定義が与えられていないことである。

不当なリスクを明確に定義すると、人は不思議なもので、全てのものごとを“不当”と“不当でない”に分類したがる。その分類は、エビデンスではなく嗜好に基づく場合が多い。それではリスクの最適化は達成できない。不当なリスクをあえて明示的に定義しないというのはひとつの知恵かもしれない。ある科学技術のリスクが不当であるかどうかは科学技術だけによって決まるものではないのだから。

飛行中の飛行機から飛び降りることは無謀そのものである。しかし、パラシュートをつけての行為であれば正当な行為である。身の回りに放射性物質は危険なものだが、それを密封線源として医療用に用いることは管理がなされており正当な行為である。人間の体内にウィルスを注射するのは犯罪のようであるが、臨床データを得てよく管理された予防注射は健康に有益である。技術だけで不当か正当かは決まらない。不当なリスクかどうかは、そのリスクが管理されているかどうかと、その技術が有用かどうかによって左右される。不当なリスクを厳格に定義しようとする試みはおそらくうまくいかないであろう。なぜならば、リスクが管理されていること、技術が有用であることの定義が難しいからである。

不当なリスクを定義しないことと、安全の確保に定義がないことは類似性があるように見えるが、実は決定的な違いがある。安全の確保は、安全を主張することを意図しているので安全宣言、リスクはないと述べている。不当なリスクがないこと (**No undue risk**) はいくらかの許容されるリスクがあると述べている。安全の確保は、ゼロリスクを連想させるのに、不当なリスクは残留リスクを明確に意識づける。「不当なリスクがない」とは、「リスクがある」ことをあえて明示的に述べた上で安全の確保を語ろうとする洗練された概念であると思う。

科学技術の安全規制の歴史は、日本では安全確

保を求めての歴史であり、米国は” No undue” とは何を意味するかをめぐる歴史であったのではないか。興味深い対比ではないだろうか。残留リスクがあるのならば、特定のリスクにばかり目を向けるのではなく、バランス良いリスク構造を構築し、リスクを管理することがなによりも大切ではないか。

3. リスクトリプレット — リスクの構造

リスクという概念の構造について考えてみたい。リスクとは何かと問われれば、次の3つの質問に答えれば良い。こう述べたのは、S. Kaplan と J.B. Garrick[2]である。

- (1) どのように悪い結果になるのか (シナリオ)
 - (2) 発生する確からしさはどれくらいか (頻度)
 - (3) 発生したときの影響はどれほどか (影響度)
- リスクは、それが発生する確率や頻度を考えるだけであってはならない。また、発生し得ないような最悪シナリオばかりを心配していてもリスク管理に役立たない。3つの問いかけを総合的に考える必要がある。

シナリオ、頻度、影響度をリスクトリプレット (リスクの三要素) と呼ぶ。安全確保を適切に行うにはリスクトリプレットを意識する必要がある。リスクを抑制する方法は、発生頻度を低減してもよいし (発生防止)、被害を抑制してもよい (影響緩和)。また、それらの対策を的確に行うにはシナリオを理解しなければならない。

4. リスクと価値

「リスクとは、私たちが価値を見出すものについての事象や活動の不確かな影響である」という定義がある[3]。事象や活動の不確かな影響という表現は、リスクトリプレットの考え方と相通じるものがある。「私たちが価値を見出すもの」というところは着目すべき点である。技術を取らなければ技術の価値を失う。技術を受け入れればリスクを背負い込む。悩ましいのである。

No undue risk の考え方に共感を感じるのは、技術の価値を認めていることがその背景にあるからだろうか。技術の価値と比較しつつ “不当で

ないか”、“合理的に実現可能か”を判断する。リスクが抑制されているという状態は、社会の声を傾聴しつつ、受容できる領域にリスクが管理されているということである。リスクガバナンスとはリスク管理を行うための組織、制度、文化、ルールなどが構築されていることである。継続的な安全向上とは、そのようなリスク管理の枠組みが整っており維持されていることである。リスクガバナンスが機能していれば、安全の質的向上が持続する。要すれば、科学技術の価値を共有してこそ安全確保のためのプロセスが意味を持つといってもよい。

リスクの評価軸は、同時に価値の評価軸でもある。リスクとは価値あると考えるものに対する不確かな影響であるとは的を射た定義であると思う。価値ある技術だからこそ、適切なリスク管理によって安全を確保する。エネルギーのリスクは、その対抗リスクも含めて総合的に管理すべきものである。さまざまな評価軸で価値とリスクを表現し、それらの組み合わせによって、豊かな社会の実現のための科学技術の選択がなされる。

私たちはリスクをやりくりしながら選択を行っていくしかないのではないか。リスクを評価するにしても不確かさがある。技術が社会にもたらす恩恵にも不確かさがある。代替となる選択肢にもリスクと不確かさがある。不確かさを知る方法がなければ科学技術を受け入れるかの判断はできないであろう。リスク評価は、これまで分からないものとしていた不確かさや知識の欠如を、何が不確かでどこか分からないのかを明らかにする方法である。だからこそ、最善の対処方法をいくつか示すことができる。

リスク管理は、確率や被害の大小関係を数字として比較することではない。リスクのものさしは、多様で多次元的である。重要な問題になればなるほど、リスクという数字に基づいて決めて (Risk-Based という) はならない。リスクを含む総合的判断によって決める (Risk-informed という) のである。リスクを含む総合的判断とは、さまざまな技術的、政策的、経済的、法制上、社会的要因の組み合わせに依拠する判断である。リスクの大

小で割り切って意思決定するよりも、**Risk-Informed** で悩みながら意思決定の方がずっと賢い選択ができそうである。

5. リスクリスト

リスクを知り、意思決定する、リスクを管理し、リスクをやりくりしながら豊かな暮らしを実現することが私たちの知恵である。今の時代のリスクは多様である。地球温暖化リスク、エネルギーリスク、環境汚染リスク、地政学的リスク、感染症のリスク、自然災害のリスク、かつてないほど多くのリスクに対処しなければならない。リスクリストが必要になっている。

あらゆるリスクの一覧表に、それぞれのリスクトリプレットを書き出して、じっくり考えよう。さまざまなリスクが、私たちの生命や健康、社会の経済活動、地球の環境保全などに及ぼす影響を書き出してみよう。その活動の選択肢が社会にもたらす恩恵も書き加えよう。リスクリストをじっくり眺めれば、不当なリスクとリスク管理が見えてくる。

リスクリストを用意するためには、リスク評価を実施しなければならない。リスク評価の技術を広範な問題に適用しなければならない。確率論的リスク評価は、ますます重要になる。それを活用して、複合的な意思決定の問題をこなしていかなければならない。そうでなければ、重要な問題への対処に失敗を重ね、破局的な事態を招く可能性が高まるであろう。

リスク評価の方法論は完成しているのか、検証されているのか、データは揃っているのか、そのような課題が心配になる。”Best available”という言葉の思い出すとよい。利用できる手法や情報はなんでも使う、最善のものを使う、と考えれば、その洗練度や完成度はさまざまであれ、手法もデータも存在する。手法やデータの完全度の議論にかまけている間に、リスクリストの中の本当に重要な問題が手遅れになってはならない。リスク評価技術は、適用する準備ができている。その洗練度や完成度は、リスクの不確かさとして明示される。

Best Available なリスク評価を実践し、私たち

のリスクリストを用意しようではないか。もちろん、社会がリスク管理の考え方、リスクを許容する考え方をどのように考えるかは重要である。しかし、リスクリストがなければ、私たちは最善の選択肢を決められないし、リスクの意味を知ることできない。

参考文献

- [1] USNRC, “No Undue Risk Regulating the Safety of Operating Nuclear Power Plants”, NUREG-BR-0518.
- [2] S. Kaplan and B.J. Garrick, “On the Quantitative Definition of Risk,” Risk Analysis, 1:11–27, 1981.
- [3] An introduction to the IRGC Risk Governance Framework, International Risk Governance Council, 2012 ISBN 978-2-9700772-2-0.

以下はアドバンスソフトにより追記した内容です。

ご執筆いただいた教授の経歴

東京大学 大学院工学系研究科原子力専攻教授 山口 彰 様

東京大学大学院工学系研究科博士課程修了後、動力炉・核燃料開発事業団、大阪大学大学院教授を経て、東京大学大学院教授。文部科学省原子力科学技術委員会委員長、経済産業省自主的安全向上・技術・人材 WG 座長、日本原子力学会リスク専門部会長、国際 PSAM 組織委員会理事歴任。専門は原子炉工学・リスク評価など。

※ 技術情報誌アドバンスシミュレーションは、アドバンスソフト株式会社 ホームページのシミュレーション図書館から、PDF ファイルがダウンロードできます。(ダウンロードしていただくには、アドバンス/シミュレーションフォーラム会員登録が必要です。)