

安全・安心社会の構築に向けた 科学技術政策立案の支援手法の提案

Proposal of a method to design science and technology policy
For safety and security of society

阿部 敦壽¹・堀井秀之²

¹修士号(社会技術論) 財務省大臣官房文書課 (E-mail: nobuhisa.abe@mof.gp.jp)

²Ph.D.(社会技術論) 東京大学大学院教授 工学系研究科社会基盤工学専攻 (E-mail: horii@ohriki.u-tokyo.ac.jp)

本研究では、安全・安心社会の構築に向け、合理的根拠に基づいた科学技術政策の立案を支援するための方法論の構築を試みた。まず、電子化された百科事典や新聞に対して自然言語処理、自己組織化マップ分析を行い、タイプの異なる代表的な21のリスクを選び出した。そして、リスクを特性によって分類したカテゴリと対策によって分類したカテゴリとを比較することによって、特性と対策の連関を把握し、どのような特性を持つリスクならどのような対策が重要であるかという情報を提供する手法を提示した。

本研究の成果は、例えば新興感染症やテロのような新たなリスクが生じた際に、その対策立案を支援し、同時に立案の根拠を明示化するという点で有用であると考えられる。

キーワード：科学技術政策，自然言語処理，自己組織化マップ，リスク，安全・安心社会

1. 研究の背景と目的

1.1. 研究背景

産業革命以後の科学技術は、常に私たちの社会生活を大きな変化・発展の渦中に置いてきた。私たちは、革新を続ける科学技術の恩恵に与ると同時に、科学技術のもたらす問題に直面し、その問題を解決できる新たな科学技術の開発を求めてきた。その社会的要請に答える基盤となってきた学問が工学である。

工学は、私たちの社会生活の質的向上に資するために科学技術や技術開発のあり方を体系付けた学問であると言えるであろう。工学の発展により、工学が対象とする社会的問題は、多方面・多側面に渡ってきており、今後もその領域の拡大と深化は続くものと思われる。

しかし、21世紀を迎えた現在、各国の経済活動に深く関わる地球温暖化問題、倫理的議論をもたらしているクローン問題など、単に工学的な観点からの技術開発のみでは対応の難しい問題も高い頻度で発生しているのもまた事実である。このような問題を解決するためには、工学的を中心とした自然科学的な視点のみならず、法学・経済学・社会学・心理学等、人文科学・社会科学的な視点を統合し、問題を抱える主体である社会あるいは人間にとっていかなる技術が必要であるかという議論が不可欠である。社会・人間にとって望ましい状態を論じる際の前提として、人々がどのような価値を重視するかを明確にすることが挙げられる。例えばある人は社会生

活における経済的な利益に価値を置くかもしれないし、またある人は自然の持つ生命力に価値を見出すかもしれない。前述した地球温暖化問題やクローン問題などは、多様な価値観の対立が顕在化した問題と言ってもよいだろう。しかし、同時にこれらの問題に共通する要素も存在する。それは、これらの問題は、すべからず社会やそこに生きる人間に不安を与えるものであり、この不安感の払拭が大きな目的として掲げられるべきであるということである。逆に言えば、経済的利益や生命倫理など様々な価値観の対立によって顕在化した問題でも、人々が安全や安心といった価値を根底で尊重しているという点では一般性があるのである。

よって21世紀の科学技術は、根本的な認識として、「安全・安心」という価値を尊重し、それらの価値の社会における実現に寄与するものでなければならない。

1.2. 科学技術政策の課題

国家という単位で科学技術のあり方を論じる際に、その屋台骨となるのは科学技術政策であると言えるだろう。なぜならば、科学技術政策とは、本来国民の総意に基いて国家が科学技術との関わりに関して目指す方向性・基本的価値を定め、その手段としての科学技術の創出・運用のあり方を決定する指針となるものだからである。しかし、一口に科学技術政策と言っても、何のためのどのような分野の科学技術についての政策なのかによって議論は異なるであろうし、また行政機能としての

科学技術政策には、法規制・税制優遇・研究開発補助等、様々なツールが存在するのであり、それらの最適な組み合わせを探求することが必要となる。それでは、我が国においてはどのような過程を経て政策が立案されているのであろうか。

我が国の科学技術政策に関する行政機関たる文部科学省においては、例えば航空・電子等技術審議会、海洋開発審議会、などのように分野ごとの審議会が開催され、この場において、技術開発の方針、分析、評価等の議題が定められ、出席者による議論の過程を経て、政策の方向付けがなされている。審議会には外部から有識者が招致されており、議事録等も一般公開されているため、これをもって国民の合意が担保される過程であるとされている。

しかし、この審議会は、必ずしも政策立案のプロセスにおいて透明性が確保されているとは言えない。ましてや、薬害エイズ問題や東電のトラブル隠し問題などで行政機関に対する信頼が低下している近年においては、官僚による経験的な手法に対しては不信感が強く、いかなる過程を経て政策が立案されたかということについて合理的な根拠が必要となる。政策立案に透明性と合理的根拠が求められる理由はもう一つある。戦後復興期や高度経済成長期とは異なり、日本が一大先進国に登りつめ、生活水準が大幅に向上した近年においては、人々が価値を置く対象は、経済的価値のみならず、環境・生命・地域コミュニティなど多様化しており、政策の立案に関して少なくとも理解し、納得することへの要求は増加していると考えられる。

よって、今後の科学技術政策の形成においては、誰が見ても政策形成の過程が理解でき、納得できるような客観的な手法が構築され、公開される必要が生じるのである。

1.3. 研究目的

本研究では、安全・安心社会の構築に資する科学技術政策立案を支援するための方法論の構築を試みる。具体的には、社会に存在する不安要素である多数のリスクを、「リスクの持つ様々な特性」、「リスクに対して重視されるべき対策」の二つの側面から分析し、特性と対策の間の連関を把握することによって、どのような特性を持つリスクならどのような対策が重要であるかという情報を提示する手法を構築する。

2. 自然言語処理を用いたリスクの把握と可視化

2.1. 概要

本章においては、リスクの特性や、対策を把握する前段階として、リスクに関連する言葉を百科事典や新聞などの情報媒体から自動的に抽出し、さらにそれらを全体的に把握しやすくするために可視化して表示することを行う。手法としては、自然言語処理や自己組織化マップを用いた分析を行い、リスクに関連する言葉を、概念的に近い言葉同士が近くに配置されるように、二次元平面上にマッピングする。そして、可視化されたマップから、異なるタイプのリスクを代表すると判断されるリスクを選び出し、以後の章における分析の題材とする。

2.2. 自然言語処理を用いたリスクの把握手法

自然言語処理とは、人間の使っている言語（日本語や英語）を計算機で処理することを指す。

本研究における自然言語処理の具体的な作業としては、膨大なテキストファイルに対する検索語による検索抽出や特定の言葉の文書中への出現回数カウントといったことを行った。この作業は、後述する視覚化手法（自己組織化マップ）を用いるための準備過程となる。この準備過程を、簡単な例を用いて説明する。

見出し語から抽出したキーワード

		科学	地球	人間
記事	アポロ計画	2	1	1
	流体力学	2	0	0
	クローン人間	1	0	1

Fig.1 テキストファイルのベクトル化

Fig.1は、各テキストファイル中に、どのような言葉が何回出現しているかをマトリクス表示したものである。行は、全テキストファイルに含まれる言葉の中で比較的多くの文章に出現している名詞（以後、キーワードと呼ぶ）であり、列は各テキストファイルを意味している。なお、テキスト中に出現する全ての語を品詞ごとに分割する処理は形態素解析と呼ばれ、この処理により、名詞のみを抽出し、その後全ての名詞について、全テキスト中への出現回数をカウントし、回数が多いものをキーワードとした。また、全てのテキストファイルは不安等の言葉を含んでいるために、何らかのリスクについて言及したものであるとし、テキスト中に出てくるキーワードも何らかの形でリスクに関係していると捉えることに

する。例えば、<地震>というキーワードは直接的にリスクを示しているし、<雇用>というキーワードはリスクの不安と文脈の上でつながっていると考えることにする。

Fig.1 において、例えば、アポロ計画についてのテキストファイルには、<科学>というキーワードが2回、<地球>というキーワードが1回、<人間>というキーワードが1回出現していることを示している。このようにして、適当な数のキーワードを選択し、全テキストファイルの各々についてキーワードの出現回数をカウントすることによって、各テキストに対応して、キーワードの数だけ次元を持つベクトルを作成することが可能である。図においては、「アポロ計画」というテキストファイルは(2,1,1)、「流体力学」は(2,0,0)、「クローン人間」は(1,0,1)、というベクトルを持つ、と言い換えることが可能になる。このようにして、テキストファイルをベクトルの形にする必要があるのは、端的に言えば後に多変量解析を施すことによって、各テキストファイルを、ベクトル間の距離が近いもの同士が近くにくるように二次元平面上に配置するためである。それでは、ベクトル間の距離が近いことの意味は何であろうか。ベクトルが近いということは、事実に、各々の元ごとに値の差を2乗したものの和が小さいということであるから、テキストファイル中出现するキーワードとその出現回数が共に似ている、ということである。

ではこのようにして、ベクトルの値を持ったテキストファイルが二次元平面上に配置されることにはどのような意味があるだろうか。二次元平面上に配置される言葉は、テキストファイルの内容が凝縮された言葉、例えば百科事典なら見出し語のようなものがふさわしいと考えられる。これらの言葉が、先に述べた方法によって二次元平面上に配置されることには二つの意味があるだろう。一つは、多くのリスクに関連する言葉の全体像を一望することができるということである。もう一つは、意味内容が近いと思われる言葉同士が近くに配置してあるため、言葉の配置自体が意味を持っており、言葉を断片的ではなく、周辺に配置された言葉とのつながりからより概念的に深く把握することを促すということである。

以上のように、「電子化されたドキュメントに対し、自然言語処理を施すことにより、各ドキュメントをベクトルの形にする」という作業を、次に示すように、百科事典と新聞記事に対して行う。

百科事典は、膨大な数の見出し語を収録しており、電子化された百科事典の中から、リスクを抽出することにより、人間が頭で考えて把握しきれなかったリスクを補完することに役立つと考えられる。具体的な利用対象としては、『知恵蔵2001 CD-ROM版』を用いることにした。『知恵蔵』は、国際関係、政治、社会、経済・産

業、サイエンス・テクノロジー、文化・芸術、生活、スポーツ、といった幅広い分野に関する用語を収録しており、国民にとって不安の要因となるリスクを包括的に抽出するのに適していると考えたからである。

テキストファイルにベクトルの値を与える手順としてはまず、『知恵蔵2001 CD-ROM版』から見出し語ごとに説明文章をテキストファイルにコピーし、約6000のテキストファイル群を作成した。次に、これらのテキストファイルの中からリスクに関する内容である可能性の高いものをおおむね絞り込むため、<不安>、<恐怖>など、リスクに関する記述文章中出现すると思われる言葉を説明文中に含むテキストファイルのみを抽出した。これらの語のうち少なくともいずれか一語でも文中に含む語を抽出した結果、475のテキストファイルが得られた。そして、この475のテキストファイルからベクトルの元とするキーワードを抽出するに当たっては、まず、全てのテキストファイルから見出し語のみを抽出し、それらの中から全テキストファイル中への出現頻度の多い名詞を絞り込んだ。その名詞とは、<テロ>、<安全保障>、<核>、<食品>、<原子力>、<不良債権>、<火災>、<薬害>、等の65である。そして、これらのキーワードを元として、475のテキストファイルのそれぞれに対して各キーワードが何回出現しているかをカウントしベクトル値を与えた。

新聞記事は、時勢に応じた情報をリアルタイムで掲載してあることから、特定の期間において世間を賑わした事件・事象を含んでいると考えられる。記事には、大きく分けて、新聞社の記者が執筆したものと、読者・学者など外部者による投稿とに分かれるが、本研究においては、一般市民がどのような事柄に不安を抱いているのか、という観点からリスクを抽出することを目的として、読者からの投稿記事を対象とすることにした。具体的には、朝日新聞における2001年1月1日から2003年4月30日までの読者投稿記事「声」のうち、<不安>、<恐怖>、等の言葉のいずれかの言葉の一つ以上含んだ260件の記事を対象とした。百科事典に対して行った作業と同様に、まず、見出し文を対象として形態素解析を行い、名詞のみを抽出した。さらに、それらの名詞のうち、全記事中への出現頻度の多いものを選び出し、キーワードを72語設定した。そして、これらのキーワードを元として、260のテキストファイルのそれぞれに対してベクトル値を与えた。

2.3. 自己組織化マップによるリスクの全体像の可視化

自己組織化マップ(Self Organizing Map)とは、入力された多次元データを教師なし学習によって組織化しマップ形式で出力したものである。教師なし学習とは、多変量解析の一種であり、以下に示すアルゴリズムのよ

調査を行ってから時間が経っているということや、Slovic の調査の対象となった人と日本人の国籍が異なっているため、リスク認知に関しても国民性の違いが反映される可能性があることなどを考えると、改めてアンケート調査等を実施して、リスク認知を把握しなおすのが望ましいであろう。

3.4. リスク特性による分類

20のリスクに対して、自己組織化マップを用いて分析した結果を示す。



Fig.3 特性から分類したリスクの全体像

Fig.3は、20のリスクが、10の特性(ベクトルの元)からなるベクトルデータの類似度から大きく3つに分類されていることを意味する。しかし、これだけでは分類されたそれぞれのカテゴリーがどのような意味を持つのかは明らかでないため、次節において、個々の特性に着目して、どの位置にあるリスクは、どのような特性を持っているかを明らかにしてゆく。なお、以後の分析においては、Fig.3における黄色い領域にあるリスクをカテゴリーAのリスク、水色の領域にあるリスクをカテゴリーBのリスク、赤い領域にあるリスクをカテゴリーCのリスクと呼び、それぞれのカテゴリーにどのような性質があるのかを論じることとする。

3.5. 可視化されたマップの分析

(1)発生頻度と被害者数に着目した分析

「社会全体に発生する頻度」と「同時に被害を受ける人の数」の二つの特性に着目することにより、Fig.4にしめすように、20のリスクは、カテゴリーAのような発生頻度は低いが、一度発生すると被害者数の多い(被害規模の大きい)いわゆるLPHC (Low Probability High Consequence) リスク、発生頻度は高いが、被害規模が個人ベースで小さいリスク、発生頻度が低い上に被害者も少ない、すなわち明確な被害としては小さいリスク、の3つに分類すること

ができることがわかった。



Fig.4 発生頻度と被害者数に関する各カテゴリーの特徴

(2)要因に着目した分析

「人為的要素」と「自然的要素」の二つの特性に着目した分析を行った結果、Fig.5に示すように、20のリスクは、カテゴリーAのように要因に関して自然的要素が強いものと、カテゴリーBやカテゴリーCのように人為的要素が強いものとに分けられることが分かった。



Fig.5 根本的な要因に関する各カテゴリーの特徴

(3)リスク認知に着目した分析

リスク認知として、「得体が知れない」度合いと「恐怖感を与える」度合いに着目した分析を行うことにより、Fig.6に示すように、20のリスクは、カテゴリーAのように、恐怖感を与える度合いの強いリスク、カテゴリーCのように得体の知れない度合いの強いリスク、カテゴリーBのような恐怖感・得体の知れなさ共にあまりないリスクの3つに分類できることがわかった。



Fig.6 リスク認知に関する各カテゴリーの特徴

以上のように、リスクを、特性を表す複数の指標の各々に関して数値評価することにより得られたベクトルに対して、自己組織化マップを用いた分析を行うことにより、リスクをいくつかの大きなカテゴリーに分類し、特性の似たリスクを把握することを可能にすることが示された。

4. リスクに対する対策による分類と可視化

4.1. 概要

本章においては、リスクに対する対策を大きく16に分類したのち、各リスクについてどのような対策が重要であるかを、ヒヤリング調査・文献調査によって明らかにする。そしてそれらの調査によって得られた知見をもとに、各対策についての重要度を1～5までの五段階で数値評価を行うことにより、各リスクに対して、16の元を持つベクトルデータを与える。そして、このベクトルデータをもとに自己組織化マップによる分析を行い、21のリスクを重要とされる対策の類似度によっていくつかのカテゴリーに分類する。最後に、可視化されたマップから、それぞれのカテゴリーに顕著な対策を把握する。

4.2. リスク対策の分類

新たなリスクが出現した際には、その解決のために効果的な対策が考案され、それらの対策に対して重点的に労力や資本が投下されることが必要となる。その際、もし現存するリスクの中に、新たなリスクに類似したリスクが存在する場合には、現存するリスクに対して取られた対策を参考にすることが可能であると考えられる。よって、既存のリスクと新たなリスクを比較し、既存のリスクに対して重点的に取られた対策の内容を参考にす

ることでより迅速に対策を考案し、大きな効果を得ることを支援することができると考えられる。

そのためにはまずどのようなリスクに対してどのような対策が取られ、その中でもどのような種類の対策が重要であるか、ということ把握することが必要となる。現存するリスクに対していかなる対策が重要であるか、という情報を、新たなリスクに対する対策を考案する際の指標にするためには、各リスクに対する対策を、例えば原子力リスクに対する対策である「原子力保安院による原子力施設の耐震安全性評価の情報提供」というような特定のリスクに固有な形で記述するよりも、異なるリスク間において共通して用いることのできる、「公的機関等による安全性の評価結果の情報提供」というような記述をする方が、より一般概念として参考にしやすいと考えられる。

よって本節においては、多くの異なるリスクに対する個別の対策を、可能な限りそれら全てを包括できる形に一般化し、全体をいくつかに分類した。

まず、各種ハンドブック・白書等に記載されている対策を大まかに「科学技術研究」、「市民への情報提供」、「科学的誘因・援助」、「規制」、「リスクコミュニケーション」の5つに分類した。それぞれについて以下のように、より詳細に分類した。

科学技術研究

科学技術研究は、より具体的に「未知の被害メカニズムの解明」、「建物・施設などハード面の強化」、「情報通信システムなどソフト面の強化」、の3つに分類した。「未知の被害メカニズムの解明」とは、リスクに関わる自然科学的な因果関係の解明のみならず、人為的な要素の関わるリスクについては人間の心理の影響等、社会科学的な分析も含むものとして捉えている。

情報提供

情報提供は、本研究においては、主に公共機関等から市民へ情報が提供されることとするが、提供される情報の内容を「安全性の評価結果・科学的根拠」、「安全性を評価するための客観的データ・指標」、「被害の実態・被害者の声」、「被害の防止手段」、「被害の軽減手段」の5つに分類した。ただし、ここで「被害の防止手段」についての情報提供というのは、被害を及ぼす事象が生じる以前に、日常的に行うべき行動についての情報提供を意味することとし、例えば、運転に関する安全教育などが挙げられる。また、「被害の軽減手段」、被害を及ぼす事象が生じた後、負のインパクトを減少させるための方策についての情報提供を意味しており、例えば、地震時の避難訓練なども含むものとする。

経済的誘因・援助

経済的誘因・援助については、具体的に「設備投資・安全器具等への金銭的助成」、「対策を進めている主体への優遇措置」、「保険制度の充実」、「被害からの復旧・復興支援」の5つに分類した。ただし、「対策を進めている主体への優遇措置」とは、税制面など、金銭的な優遇措置を示すものとする。また、「被害からの復旧・復興支援」には、被害者に対する金銭援助・就労補助・住宅補助等、リスクによる被害者に対する、公的な支出を示すものとする。

規制

規制は、「行政機関等の人員による監督・取締り」と「企業・個人の行動の強制/制限」の2つに分類した。ただし、前者は特定の役割を持った人間を配置することを意味するのに対し、後者は法整備等を含んだ規則や基準を設定することを意味することとする。

リスクコミュニケーション

リスクコミュニケーションは「市民等の意思決定への参加」と「市民等からの情報発信手段の提供」の2つに分類した。リスクコミュニケーションとは、本来、行政等の機関と市民が双方向に作用しあう過程を意味するが、公共機関からの「情報提供」というカテゴリーを別に設けていることから、市民側から公共機関への作用を主に意味するものとする。より具体的には、前者はワークショップなどに市民が参加し、対策のあり方等について行政と議論を行うような場面を想定しており、後者は、例えば、情報通信技術などを通じた市民からの被害状況の迅速な提供を意味することとし、意思決定とは、直接関係していないものとする。

4.3. リスクごとの重要な対策の把握

本節においては、各リスクについて前節で16に分類された対策の中でどの対策が重要視されるべきであるかを明らかにした。具体的な手法としては、各リスクに関する専門家に対し、ヒヤリングを行いつつ、各対策の重要度に関して1~5の五段階評価をお願いした。

ヒヤリングの際には、「被害防止」、「被害軽減」、そして「安心感の醸成」の3つの目的に照らして、非常に重要で効果的であると思われるものには5、重要であると思われるものには4、重要ではないがある方がよいと思われるものには3、効果はあまりないと思われるものには2、効果は期待できず目的とは無関係と思われるものには1を、目的ごとに記入して頂くことにした。その際、今後の課題としての重要度ではなく、今まで取られてきた対策も含めて評価していただくことにした。なぜなら、今までに取られた対策の中にも重要なものが存在する

可能性は高く、そのような情報は、新しいリスクに対する対策を考案する際には非常に参考になると考えられるからである。

ヒヤリングによって把握された対策の重要度を目的ごとに足し合わせて平均を取った数値をその対策の総合的な重要度とした。対策は16種類あるため、この16の重要度の組み合わせを、16の元を持つベクトルデータと考えれば、リスクごとにベクトルデータを与えることが可能になる。本研究においては、延べ5件のヒヤリングを行い、「JCO臨界事故」、「交差点における歩行者事故」、「浸水被害」、「巨大地震時の建物倒壊による死亡」、「巨大地震時の火災による死亡」について対策の重要度を数値評価したベクトルデータを得た。他の16件については、暫定的に各種文献より論文作成者自らの判断により重要度を評価した。

結果として、ヒヤリング調査と文献調査を組み合わせることにより、21のリスクのそれぞれについて、ベクトルデータを得た。

4.4. 対策の似たリスクの把握

前節において対策ごとの重要度を数値評価することにより21のリスクのそれぞれに対して得られたベクトルデータを、自己組織化マップを用いて分析した結果を示す。



Fig.7 対策から分類したリスクの全体像

Fig.7は、21のリスクが、16に分類された対策(ベクトルの元)からなるベクトルデータの類似度から大きく3つに分類されていることを意味する。しかし、これだけでは分類されたそれぞれのカテゴリーがどのような意味を持つのかは明らかでないため、次節において、個々の特性に着目して、どの位置にあるリスクに対しては、どのような対策が重要視されているかということをも明らかにしてゆく。なお、以後の分析においては、Fig.7における赤い領域にあるリスクをカテゴリーDのリスク、

水色の領域にあるリスクをカテゴリ-E のリスク、黄色い領域にあるリスクをカテゴリ-F のリスクと呼び、それぞれのカテゴリにどのような性質があるのかを論じることにする。

4.5. 可視化されたマップの対策ごとの分析

(1) 「安全性の評価の公開」と「メカニズム解明」に着目した分析

21のリスクについて、「公共機関等による安全性の評価結果・科学的根拠に関する情報提供」と「未知の被害メカニズムの解明」の二つの対策に着目して分析を行った結果、Fig.8 において左にあるリスクほど「公共機関等による安全性の評価結果・科学的根拠に関する情報提供」、「未知の被害メカニズムの解明」ともに重要とされる傾向が確認されたことから、この二つの対策が有効となるリスクの種類は類似していることが推測できた。前節において3つに分類されたカテゴリのそれぞれについて述べれば、カテゴリ-D は安全性の評価・メカニズムの解明ともに重視されるリスク、カテゴリ-E はどちらもある程度重要であるリスク、カテゴリ-F は共に重要とされていないリスクの集まりであると言える。

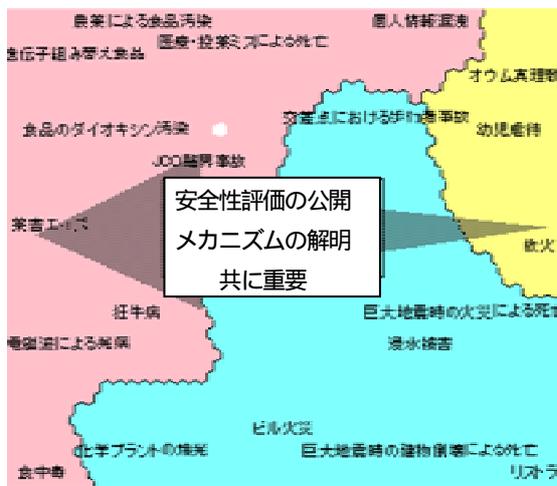


Fig.8 「安全性評価の公開」と「メカニズムの解明」の重要度のカテゴリ差

(2) 研究対象技術の内容に着目した分析

「建物・施設などハード面の強化」と「情報通信などソフト面の強化」の二つの対策に着目した分析の結果、Fig.9 におけるカテゴリ-D は相対的にソフト技術に関する科学技術研究が重視されるべきリスクの集合であり、カテゴリ-E は相対的にハード技術に関する科学技術研究が重視されるべきリスクの集合であり、カテゴリ-F は、どちらの技術に関する科学技術研究も重要視されて

いないリスクの集合であるということが分かった。

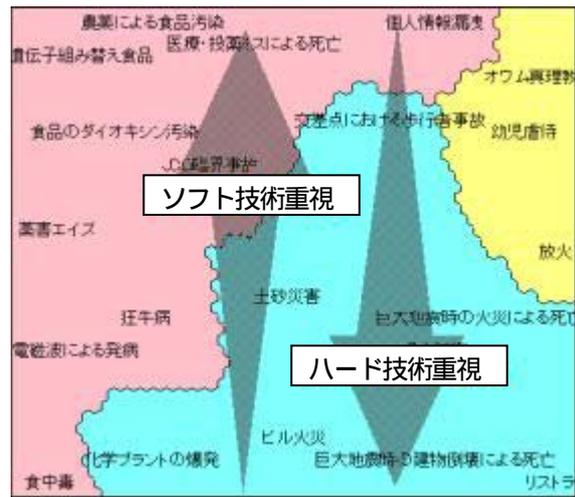


Fig.9 「ソフト技術」と「ハード技術」の重要度のカテゴリ差

(3) 規制のあり方に着目した分析

「企業・個人の行動の強制/制限(規則・基準の制定)」と「行政機関等の人員による監督・取締り」の二つの対策に着目した分析を行うことにより、Fig.10 における3つのカテゴリについて、カテゴリ-D は、人員による取締りに比して、規則や基準の制定の方が対策として重要であるリスク、カテゴリ-E は、人員による取締りも規則や基準の制定も共に対策として重要でないリスク、カテゴリ-F は基準や規則の制定に比して人員による取締りの方が対策として重要であるリスク、というように意味付けすることができた。



Fig.10 「基準・規則の制定」と「人員による取締り」の重要度のカテゴリ差

(4) 経済的誘引・援助に着目した分析

「設備投資・安全器具等への金銭的助成」, 「対策を進めている主体への優遇措置(税制等)」, 「保険制度の充実」の3つの対策に着目した分析により, Fig.11 における3つのカテゴリーのうち, カテゴリーEは, 相対的に経済的誘因・援助が対策として重要であるリスクの集まりであると推測することができた。



Fig.11 経済的誘因・援助の重要度のカテゴリー差

(5) リスクコミュニケーションに着目した分析

「市民の意思決定への参加」と「市民から行政機関等への情報発信手段の提供」の二つに着目した分析により, Fig.12 における3つのカテゴリーについて, カテゴリーDは対策として市民からの情報発信に比して市民の意思決定への参加が重要とされるリスクの集合, カテゴリーEは対策として, 市民からの情報発信も市民の意思決定への参加も重要でないとされるリスクの集合, カテゴリーFは対策として市民の意思決定への参加に比して, 市民からの情報発信が重要とされるリスクの集合, というように解釈できることが示された。



Fig.12 リスクコミュニケーションの重要度のカテゴリー差

以上のように, リスクに対する対策を分類し, 各リス

クについてどの対策が重要であるかをヒヤリング調査・文献調査によって数値評価して得られたベクトルを, 自己組織化マップによって分析することにより, リスクをいくつかの大きなカテゴリーに分類し, 重要とされる対策が類似するリスクを把握することが可能であることが示された。

次章においては, 本章においてリスクを対策によって分類したカテゴリーと, 3章においてリスクを特性によって分類したカテゴリーとを比較し, 特性と対策との間の連関について考察する。

5. リスクの特性と対策の連関の分析

5.1. 概要

本章においては, 3章においてリスクを特性によって分類することによって得られたカテゴリーA, B, Cと, 4章においてリスクを重要な対策によって分類することによって得られたカテゴリーD, E, Fをそれぞれ比較し, 一致するものについては, その特性と対策との間の連関について考察し, 一致しないものについては, その理由を考察する。

5.2 特性カテゴリーと対策カテゴリーの比較



Fig.13 特性ごとに色分けしたリスク

Fig.13は, 本論文の3章において得られた特性によるリスクの分類を, カテゴリーごとにリスクのラベルの文字色を変えて表示したものである。

3章における分析より, カテゴリーAに属する黄色で書かれたリスクは, 社会全体に発生する頻度は低い, 一度発生すると被害者の多いリスクであり, 要因としては自然的要素が強く関係している。また, リスク認知に関しては恐怖感を与えるリスクであると言える。カテゴリーBに属する青で書かれたリスクは, 社会における発生頻度は大き

いものの、被害は個人ベースで規模が小さく、要因としては人為的要因が強く関係している。また、リスク認知に関しては、恐怖感も得体の知れなさも与えないリスクであると言える。カテゴリC に属する赤で書かれたリスクは、社会に発生する頻度も低い上に、一件当たりの被害者が少ないため、実害としては大きいとは言えないリスクであり、要因としては人為的要素が強く関わっている。また、リスク認知に関しては、得体の知れないリスクであると言える。リスク特性が対策といかなる関連を持つかを分析するため、上記のように色づけたリスクのラベルによって、4章における分析結果を表示すると以下ようになる。



Fig.14 特性ごとに色分けしたリスク

Fig.14 は、4章における分析によって得られたカテゴリD, E, F の中のラベルを Fig.13 のカテゴリA, B, C と同じ文字色で表示したものである。Fig.14 より、カテゴリC に属するリスクはほぼ全てカテゴリD に含まれ、またカテゴリA に属するリスクも大半がカテゴリE に含まれていることを見て取ることができる。リスクを特性によって分類したカテゴリと、対策の重要度によって分類したカテゴリとがほぼ一致したということは、特性と対策との間に何らかの関連が存在することが推測される。

よって、次節においては、特性のカテゴリC と対策のカテゴリD の一致、特性のカテゴリA と対策のカテゴリE との一致、さらにはカテゴリB と対策カテゴリF の不一致の理由について考察する。

5.3. リスク特性と対策の対応付け

(1) 特性カテゴリA のリスクに対する対策

特性カテゴリA のリスクはその大半が対策カテゴリE の中に含まれている。そのため、カテゴリA に含まれるリスクに顕著な特性と、カテゴリE に含まれる

リスクに顕著な対策との間には連関があるということが推測される。この連関について、以下に具体的なリスクを示しながら考察してゆく。

特性カテゴリA に含まれ、かつ対策カテゴリE に含まれるリスクは、<土砂災害>、<巨大地震時の火災による死亡>、<浸水被害>、<ビル火災>、<巨大地震時の建物倒壊による死亡>の5つである。これらに対し、重要と考えられる対策は、「建物・施設などハード面の強化」、「設備投資・安全器具等への金銭的助成」、「対策を進めている主体への優遇措置（税制等）」、「保険制度の充実」である。

これらのリスクは、例えば地震などのように、根本的な要因として自然的要素が強いため、言わば人間の力では被害のもととなる事象を防ぐことはできないという意識が生まれていると考えられる。そのため、リスクの持つ物理的な作用を、発生させないことはできないが、発生しても人間自身や財産の損害からそれを隔離するためのハード面の強化がまず必要となると考えられる。また、「建物・施設などハード面の強化」は、もうひとつの意味で重要である。地震についてヒヤリングを行った際の研究者のコメントの中に、「安心感の醸成には、建物等の耐震性能や耐火性能を向上させる対策が行われ、なおかつその効果を市民が理解して、性能に対する信頼を置いていることが重要である」というものがあつたが、このコメントが示すように、ハード面の強化は、安心感の醸成に深く関わっていると考えられる。カテゴリA に属するリスクは概して恐怖感を持つリスクであるため、恐怖感を払拭するために有効な対策が重視されるのであろう。また、ハード面の強化を別の角度から述べたのが、「設備投資・安全器具等への金銭的助成」であるが、これは、自然災害のような、被害を人間の力では抑えきれないものに関しては、個々の市民や企業の努力や金銭負担のみに任せるのではなく、言わば公益の確保と言う観点から公的機関からの出資に対する国民の合意が得やすいのであろう。また、税制優遇などは、企業等の主体に経済的なインセンティブを与えると同時に、間接的な財政支出ともなっているため、公益の確保のための出資と言う観点から「対策を進めている主体への優遇措置（税制等）」も、「設備投資・安全器具等への金銭的助成」と同様に国民の合意が得やすいと考えられる。さらに、ハード面の整備・強化のみならず、恐怖感を払拭しうる対策として、「保険制度の充実」が挙げられる。この理由としては、保険制度の与える心理的效果、人的被害のみならず財産被害も大きいこと、などが挙げられるが、おそらく主要な理由は、日本は地震をはじめとして災害が多い国であり、保険がビジネスとして成立しやすいということであろう。もちろん保険制度のみならず、例えば地震の発生とクーポンが連動した債券を発

行し、日本に資金を呼びこんで巨大な債券市場を築く、といった方法も経済インセンティブに働きかけた対策のひとつと言えるだろう。

(2) 特性Cのリスクに対する対策

特性カテゴリーCのリスクはそのほとんどが対策カテゴリーDの中に含まれている。そのため、カテゴリーCに含まれるリスクに顕著な特性と、カテゴリーDに含まれるリスクに顕著な対策との間には連関があるということが推測される。この連関について、以下に具体的なリスクを示しながら考察してゆく。

特性カテゴリーCに含まれ、かつ対策カテゴリーDに含まれるリスクは、<遺伝子組換え食品>、<食品のダイオキシン汚染>、<JCO臨界事故>、<薬害エイズ>、<狂牛病>、<電磁波による発病>、である。そしてこれらに対して重視される対策は、「公共機関等による安全性の評価結果・科学的根拠に関する情報提供」、「未知の被害メカニズムの解明」、「情報通信などソフト面の強化」、「企業・個人の行動の強制/制限（規則・基準の制定を含む）」、「市民の意思決定への参加」である。

カテゴリーのリスクは、被害を生じさせる事象が起こる頻度が小さい上に、実際に起こった際の被害者数も少ないため、実被害のみを考えるとそれほど深刻ではないとも言えるが、リスクとしての関心が高い理由は、リスクの持つ「未知性」にあるのではないかと考えられる。ここで、「未知性」とは、大きく2種類に分けることができるだろう。一つは、被害を及ぼしうる物質そのもの（例えば核物質や電磁波など）が目に見える形で把握できず、実感が無いという未知性、もう一つは、被害の様子が想像できないという未知性である。未知であることがリスクの主要な特徴となるのは、被害対象が人体の健康にあるという理由も大きいだろう。

人間の健康に直接関係のあるリスクであるから、厚生観点から、「公共機関等による安全性の評価結果・科学的根拠に関する情報提供」は不可欠な対策であるし、それと不可分である「未知の被害メカニズムの解明」も重要となると考えられる。また、未知性の高いリスクであることから、それらの様子について正確に計測・検査等を行うソフト面の技術も重視されるのだろう。JCO臨界事故についてのヒヤリングにおけるコメントに、「放射線計測モニターが設置されて、中性子・線・線の計測に力が入られるようになった」というものがあった。

また、これらのリスクに共通して、被害の根本的な原因が「人為的要素」にあるという特性があるが、これは、未知性のリスクに関して操作したり、扱ったりする人間の責任が重大であると解釈できる。これらのリスクは、別の見方をすれば、すべて人間生活の利便性・効用と表

裏一体のものであるため、極めて市場原理が動きやすいものである。しかし、市場原理のみに任せていては、市民の安全・安心感は担保されない可能性が高い。そこで、リスクの提供者側・供給者側への規制が必要になると考えられる。その意味で、「企業・個人の行動の強制/制限（規則・基準の制定を含む）」が重要になるのだろう。

さらに、これらのリスクは、被害が次世代へ及ぶ可能性もあるリスクであることから、持続可能性のある社会の構築という観点に立てば、それらの社会への導入に関しても、より市民個々人の声が反映されるべきであるから「市民の意思決定への参加」が重要になると考えられる。

(3) 特性カテゴリーBのリスク

特性カテゴリーBのリスクに関しては、3つの対策カテゴリーに分散していないため、特性カテゴリーのリスクに顕著な特性

に対して連関がある対策があるとは推測できない。

その理由としてまず挙げられるのは、特性カテゴリーBのリスクは、リスク認知に関して、恐ろしさも未知性もあまりない、という結果であり、顕著な特徴を捉えられなかったことである。従って、リスク認知に基いて特定の対策との連関を把握するのは不可能である。

また、特性カテゴリーのリスクは、根本的な要因として「人為的要素」が強い、という分析結果が出たが、より具体的に考えてゆくと、放火のような悪意に基づくものや、医療・投薬ミスのようなヒューマンエラー的なもの、幼児虐待のような精神に関する病理的なものまで、多種の理由が混在しており、対策も統一的にはならなかったものと考えられる。

本章においては、特性と対策との連関について考察をしたが、結論としては以下のことが明らかになった。

- ・ 自然現象が原因となるリスクは、ハード面の強化といった物理的被害の軽減に重点が置かれ、同時にそれは人々の不安感の払拭にもつながっている。また、リスクに不可抗力的な要素が強い場合、被害や被害対策に対して公益の確保という観点から経済的な誘因や援助が重要である。
- ・ 未知性の高いリスクは、ソフト面の技術によりリスクについて精緻に分析し、被害メカニズムを明らかにして、安全性を公表することが、未知性をなくし、不安感を払拭することにつながるため重要とされる。また、被害は未知であるにも関わらず一方で便益をもたらすものが多いために、社会への導入は市場原理に加えて規制や基準の設定が重要である。さらに、個々人にとって次世代への影響がありうることも考えて、国民一人一人の考えが意思決定に反映されるこ

とが重要である。

以上のように、リスクを特性によって分類したカテゴリと対策によって分類したカテゴリとを比較することによって、特性と対策の連関を把握することが可能になることが示された。

6. 結語

本研究では、安全・安心社会の構築に資する科学技術政策立案を支援するための方法論の構築を試みた。

まず、百科事典や新聞などの情報ソースから異なるリスクを代表すると判断される21のリスクを選び出した。

次に各リスクを、特性を表す複数の指標の各々に関して数値評価することにより得られたベクトルデータに対して、自己組織化マップを用いた分析を行うことにより、リスクを3つの大きなカテゴリに分類し、特性の似たリスクを把握することを可能にすることを示した。

そして、リスクを特性によって分類したカテゴリと対策によって分類したカテゴリとを比較することによって、特性と対策の連関を把握し、どのような特性を持つリスクならどのような対策が重要であるかという情報を提供する手法を示した。

本研究の成果は、例えば新興感染症やテロのような新たなリスクが生じ、いかなる対策を重点的に行うべきかを議論する際に、効果を発揮するものと思われる。なぜなら、そのリスクの特性について本研究において行ったのと同様の分析を行うことにより、そのリスクがどのカテゴリに属しているかということ把握することが可能であり、さらに特性と対策の連関から、どのような対策が重視されるリスクであるかという情報が得られるからである。しかし、本研究においては、3つ全ての特性カテゴリが対策カテゴリと対応しているわけではないため、すべてのリスクについて、特性と対策の連関を一般化できているわけではない。よってリスクの種類によっては、重要である対策についての情報が得られないものも存在する可能性がある。

そのため、今後は特性のカテゴリと対策カテゴリとがほぼ完全に対応するように特性の項目と対策の項目を調節してゆく必要がある。一例を挙げれば、リスクの根本的な原因を「自然的要素」と「人為的要素」に分類したが、「人為的要素」には、人工物、悪意、過失、心の病など様々な意味が含まれてしまうため、「人為的要素」が強いリスクに対する対策も多岐に渡ってしまい統一的に論じることができないという問題がある。よって、リスクを分類する指標としては漠然としすぎている

と考えられる「人為的要素」をより適切な表現に変える必要がある。

また、本研究において構築された手法を用いれば、新たなリスクが出現した際に、重要とされる対策の類似するリスク名を把握することができるのであるから、その対策の類似したリスクに対して取られた具体的な対策を応用・発展させて新たなリスクに適用することも、可能なはずである。よって、新たなリスクが出現した際に、他のどのリスクのどの対策が応用できるか、という情報を提供する手法が構築されれば、これも科学技術政策立案の支援手法と言えるだろう。

今、新興感染症が発生したとして、本研究の成果を発展させるとどのような形で対策の立案を支援することが可能であろうか。仮に、新興感染症の特性を分析した結果、未知性の高いリスクのカテゴリに分類されたとすると、同じカテゴリに存在するリスクの中に、例えばJCO臨界事故がある。原子力事故の緊急対策のひとつとして、SPEEDI（緊急時迅速放射能影響予測）ネットワークシステムというものがある。SPEEDIネットワークシステムとは、原子力発電所などから大量の放射性物質が放出されるか、あるいはそのおそれがあるという緊急事態に、周辺環境における放射性物質の大気中濃度及び被ばく線量などを、放出源情報、気象条件及び地形データをもとに迅速に予測するシステムのことである。政策立案者に、「もしSPEEDIネットワークシステムを新興感染症対策に応用するとしたらどのような対策があり得るだろうか」という発想を与えることができれば、それを契機として、例えば＜新興感染症発生時に、感染源情報ならびにヒトやモノの流れから、感染の拡大の様子を迅速にシミュレートできるシステムを開発し、結果を公開することにより、無秩序な感染者の増加を防止する＞というシナリオを構築し、具体的な対策が練られる可能性も十分にある。このように、本研究のような、特性と対策の一般的な連関から一歩進めて、具体的な対策を参照できるシステムを構築することで、政策立案者に、対策間のアナロジーから、新たな対策へのアイデアを提供できる可能性もあるのである。今後は、このような観点からも研究を進める必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 馬場肇,『日本語全文検索システムの構築と活用』,ソフトバンクパブリッシング,2001
- 2) 深沢千尋,『すぐわかる PERL』,技術評論社,1999
- 3) 徳高平蔵,藤村喜久郎,山村烈,『自己組織化マップ応用事例集』,海文堂,2002

- 4) 宮川公男, 『政策科学入門』, 東洋経済新報社, 2002
- 5) 朝日新聞社, 『知恵蔵 2001 CD-ROM 版』, 朝日新聞社, 2001
- 6) 朝日新聞記事, 2001年1月1日~2003年4月30日分, 朝日新聞社
- 7) 日本リスク研究学会, 『リスク学辞典』, TBS ブリタニカ, 2000
- 8) 内閣府, 『防災白書 平成14年版』, 国立印刷局, 2002
- 9) 文部科学省, 『科学技術白書 平成14年版』, 国立印刷局, 2002
- 10) 原子力安全委員会, 『原子力安全白書 平成13年版』, 国立印刷局, 2002
- 11) 内閣府, 『交通安全白書 平成14年版』, 国立印刷局, 2002
- 12) 内閣府, 『経済財政白書 平成14年版』, 国立印刷局, 2002
- 13) 厚生労働省, 『厚生労働白書 平成14年版』, ぎょうせい, 2002
- 14) 総務庁行政監察局, 『食品の安全・衛生を目指して』, 財務省印刷局, 2001
- 15) 警察庁, 『警察白書 平成14年版』, 財務省印刷局, 2002
- 16) 消防庁, 『消防白書 平成14年版』, ぎょうせい, 2002
- 17) 総務省, 『情報通信白書 平成14年版』, ぎょうせい,
- 18) 2002 総合科学技術会議, 『科学技術基本計画に基づく分野別推進戦略』, 財務省印刷局, 2001
- 19) 交通工学研究会, 『交通工学ハンドブック 2001 CD-ROM 版』, 丸善 2001
- 20) 資源エネルギー庁, 『原子力 2002』, 日本原子力文化振興財団, 2002

謝辞

本論文は、阿部敦壽の東京大学大学院工学系研究科社会基盤専攻における修士論文を編集し、加筆・修正を加えたものである。ヒヤリングにおいて貴重な意見を頂いた東京大学の豊田研究員、吉村助手、鳩山助手に心より感謝の念を示したい。

Proposal of a method to design science and technology policy For safety and security of society

Nobuhisa ABE¹ and Hideyuki Horii²

¹Master's degree(Shakai-Gijutsu) Ministry of Finance (E-mail: nobuhisa.abe@mof.go.jp)

²Ph.D. (Shakai-Gijutsu) Professor, University of Tokyo Dept. of Civil Engineering (E-mail: horii@ohriki.u-tokyo.ac.jp)

In this thesis, a method to design science and technology policy based on reasonable ground is proposed. First, we categorize 21 kinds of risks selected from electronic dictionary and newspapers in two ways, from the viewpoint of characteristics and means. And then we can know the correspondence of characteristics and means of those risks by comparing two categorizes. This method would be useful to design new means for emerging risks because we can refer similar risks and their means with clear ground.

Key Words: *Science and Technology policy, Natural language search, Self Organizing Map, risk, Safety and Security of Society*