

## 特集「定量的リスク科学」にあたって

津本 周作  
(島根大学)

鷺尾 隆  
(大阪大学)

宮本 定明  
(筑波大学)

椿 広計  
(筑波大学)

北川 源四郎  
(統計数理研究所)

### 1. はじめに：俯瞰的リスク科学構築の必要性：リスクへの統一の接近は可能である！

リスクマネジメントの汎用的方法論の確立は、困難であるとの悲観論が国内外ともに横溢している。事実、環境、医学、金融、経営など特定分野固有のリスクマネジメントの方法が自生し、「リスク研究は統一の体系構築を放棄したのではないか？」との危惧すら生じている。

この統一の阻害要因は、リスク概念に対する認識が、学術領域間で異なることにある。すなわち、次の四つのリスク概念が互いに関連をもちつつ並立している現状がある。

- ① 医療リスク、製品安全、災害のような回避すべき対象としての「個別リスク」
- ② 金融・保険あるいは医薬品のようにベネフィットとともに、最適化の対象となる「統合リスク」
- ③ 膨大なデータベースから発見すべき対象となる「潜在リスク」
- ④ 「損失」の重み付き平均として数理的に定義され抽象化された「抽象リスク」

しかし、個別学術におけるリスク管理は重点こそ異なれ、必ずこれら4概念を含んでいる(図1)。したがって、これらをすべて包含する新たな数理的リスク概念をもとに、最新の統計科学および情報科学の理論に裏づけられたリスクマネジメントプロセスを構築することで、俯瞰

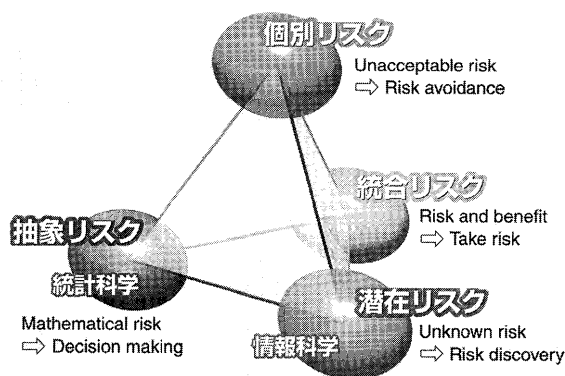


図1 リスク概念

的なリスク科学の体系化が可能となる。

異なるリスク概念を俯瞰し得るリスク科学の体系が確立すれば、ある領域のリスクマネジメントプロセスの長所を他領域に容易に移転することが可能となる。また、各領域に固有な制約条件が最適リスクマネジメントにどのような影響を与えているのか、さらには制約条件変更に対して頑健なリスクマネジメントはどのようなものなのかも分析可能になる。俯瞰型リスク科学の構築は、このようにしてリスクに係わる諸領域の知識移転を可能とし、研究を大幅に加速することとなる。

### 2. 統計科学・情報科学融合こそ俯瞰的リスク科学構築のエンジン

俯瞰的リスク科学構築の方法論的基盤として、すべてのリスク概念を分析可能な統一の枠組みに体系化する定量的リスク科学が必要となる。さらに、リスクに係わる情報や仮説を対象とする定量的学術は

- ① リスク情報の表出化・発見
- ② リスク対象情報の統計的モデリングと、推定されたモデルに基づくリスク評価
- ③ モデルに基づくリスク最小化方策の導出

といった、全く異質な情報操作を連携させる必要がある。このために統計科学と情報科学を融合し、新たな情報の学術を構築しなければならない。

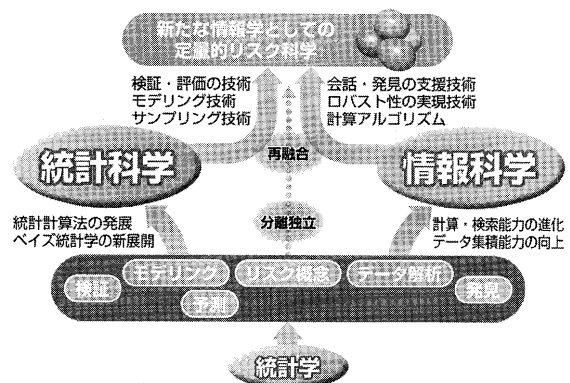


図2 統計科学と情報科学の融合としての定量的リスク科学

現状では、情報科学領域は有効情報の表出化・発見のみを主目的とし、統計科学領域は、モデリングと検証およびリスク評価に基づく最適意思決定支援のみを主目的としている。しかしながら、両領域は科学的リスクマネジメントにおける両分野融合研究のニーズを、国内外ともにほとんど意識していない。これら2分野を融合した新たな科学の構築が立ち遅れていることが、俯瞰的リスク科学構築の障害にもなっている。

定量的リスク科学の確立は、リスク関連情報の知識マネジメントという社会価値の実現を目標に統計科学と情報科学を融合し、俯瞰的情報学体系へと成長させることが大きな目的である。

### 3. リスク科学に対して統計科学と情報科学との融合がもたらすもの

統計科学と情報科学との融合による定量的リスク科学体系化は、諸領域のリスク科学の統合的発展に寄与することはもちろん、情報科学・統計科学ごとの個別研究では実現できない、少なくとも次の四つの学術成果をあげることが期待できる。

- ① 統計科学が主唱している Evidence Based Method と情報科学が主唱している Expert Opinion の重視を、情報として統合評価することを可能とし、両者の統合の契機とする。
- ② 極値理論や時系列モデリングなどの統計数理的方法の情報科学での利用は、レアイベントや動的事象のモデル化とリスク評価に大きな進展を与えることが期待できる。
- ③ 情報科学が主唱するフレキシブルなモデリングの考えと時空間ベイズモデリングなどの統計科学の方法とを融合することで、大規模・複雑な系における、より精度の高いリスク評価が可能となる。
- ④ 統計科学に基づく集団リスク評価に階層的情報構造を導入することで、個体リスク評価が可能な定量モデルを構築することが可能となる。

さらに、統計科学・情報科学領域の発展の観点から重要なのは、情報科学(発見)と統計科学(モデリングと検証)とのインタフェースといった、従来、研究が十分進展していない情報学際領域に新たな理論体系を世界に先駆けて確立することが期待できることである。この基本的な考え方を図2にまとめた。

### 4. 本特集の内容

本特集では、統計科学と人工知能において、どのようなアプローチの研究が進められているかを含めて研究の現状を紹介する。以下にそれぞれの解説の内容をまとめた。

「リスクの概念と定量化」 宮本 定明(筑波大学)

本解説はこれ以降の導入として、リスクに関する基本的な考え方と、リスクの処理についていくつかの異なる

アプローチを紹介する。これまで、リスク解析やリスク評価について、さまざまな議論と考察が行われてきた。これらは、特定の分野に立脚した考察であると同時に、それぞれ深くかつ綿密に行われてきた。それに対して、本稿では、リスクの基本的な概念に多様性と異なる側面があることを承認し、複数のアプローチ、特に比較的知られていない方法論について考察する。

「発見・選択・検証の架橋」

椿 広計(筑波大学, 統計数理研究所)

統計モデルで表現された仮説に関する叙述には、そのエビデンスの確かさに応じて、発見・選択・検証の3段階がある。人工知能的方法論ではリスク発見が、古典的数理統計の枠組みではリスク検証の方法論が研究されている。統計科学的枠組みからは、探索的方法論で発見されたリスク要因は「多重性」の影響を受けているため、検証の証拠力が見かけ上インフレートしているといわれている。しかし、医薬品リスクの分野では、ベネフィットに関しては多重性の問題が深刻でも、リスクの面では必ずしも多重性の調整を行うことは正しいとはいえない。また、探索的方法論では通常のクロスバリデーションではあまりにも楽観的なモデル選択を示唆し、モデル選択の不確実性を配慮したモデルクロスバリデーションの考え方が必要となる。この種のデータからの叙述をどのように互いにつなぐ必要があるのかについて、論理的視点と統計科学的視点から検討した。

「統計的方法：設計と否定を重視した検証的推測」

柳本 武美(中央大学)

膨大なデータの蓄積が進んだ前世紀に、新しい知見を得るためのさまざまな接近方法が試みられた。人工知能では、秀れた専門家の能力を機械化することから始められ、計算能力の進歩を受けて知見の発見手法の開発に進んだ。統計学では、データを蓄積する方法の改善が重視され、堅実な推論形式が採用されている。今日の定量的リスク評価で求められる接近法が何かを探るために、設計と否定をキーワードにした検証の役割を考察した。

「リスク科学のための人工知能的方法と統計的方法  
—人工知能と統計思考—」

江口 真透(統計数理研究所)

定量的リスク科学はハザード同定、暴露評価、リスク特性評価による基本的な枠組みから成り立っているが、研究の端緒ではデータマイニングによる知識発見が重要な課題である。機械学習などからの人工知能的方法論として多くの有望なアプローチが提案され、情報化した社会に対応した知識発見の方法が実用化されつつある。この解説では、統計的な観点から、知識発見の方法を定量的リスク科学としてのより完成形に近づけるためアプローチについて述べた。

## 「潜在リスク気づきを支援する技術」

大澤 幸生(東京大学)

重篤なリスクの予兆が、目立ちにくい事象であることが多い。目立たないため観測対象とならず、データの解析では捉えにくい。この解説では、目立ちにくい事象の将来への影響に人が気づくための支援システムについて、データ可視化、認知科学などの現状を踏まえて有望なアプローチを論じた。

## 「水力発電所におけるリスクマネジメントと異常予兆発見」

小野田 崇(電力中央研究所)

山崎 博信(九州電力(株))

この解説では、故障などの異常がほとんどない水力発電所の水車・発電機軸受に関する各種センサ情報に One Class Support Vector Machine (1-class SVM) を適用した例外状態データの発見と、その例外状態データと人間の経験知識との融合による水力発電所異常予兆発見の取組みについて報告する。特に、実際の水力発電所の正常状態データから抽出された例外状態データに対する人間の経験知識による評価、およびその評価結果を利用した水力発電所のリスクマネジメントについて紹介する。

## 「リスクマイニングとその医療応用」

津本 周作(鳥根大学)

医療の高度化・複雑化に伴い、医療事故はまさかと思われる事例から高度に複雑な事例までさまざまな例が報

告されている。その事故が医療現場のワークフローによる系統的なミスであるのか、突発的なものであるかが不明な場合も多く、その予防システムの構築は重要な課題となっている。本解説では、診療情報がデータベースとして日々電子的に大量に蓄積されている現状に鑑み、その電子的データの再利用からリスクを検知し、検知されたリスクを解明し、さらに解明されたリスク情報を有効活用することを目的とし、リスク情報有効活用のプロセスの統合的実現を目指すアプローチをデータマイニングの側から論じ、その先行的な研究として、MRSA 感染のリスク因子発見についての研究を紹介する。

なお、読者は、これらの解説を見て、統計科学と情報科学との相違を強く感じ、その融合の可能性を疑問視するかもしれない。しかし、図1で示したように、我々は統計科学と情報科学が古典的には同一の土壌にあったものの、それぞれがそれぞれの問題意識のもと、分離独立して離れていったが、結局、情報通信技術の発達によって、再び両分野がリスクというキーワードを中心に据えて、新たに接近を始めたと考えている。今後、この二つの分野の研究者が十分に交流することによって、新たな分野の創成に寄与できる。このような試みは世界的にはまだ見られないものであることを考えれば、我々はまたそのスタートラインに立ったばかりであり、今後の交流が新たな道を切り開くとともに、独創的な研究を生み出す素地を与えるのではないかと期待している。