特集「確率論とリスク論の悩ましき関係」にあたって

竹 村 和 久

Difficult Relationships between Probability Theory and Science of Risk

Kazuhisa TAKEMURA

リスク (risk) という概念が一般市民にも、広まったのは、比較的最近のことである。現代では、リスクについては、経済学、経営学、社会学、心理学などの社会科学、自然災害などを研究する自然科学、工学、その数理的側面を検討する応用数学や統計学など、幅広い分野にわたって検討がなされている。また、リスクを総合的に研究する学会も国内外にでき活発な研究がなされており、総合的な名称として「リスク論」という表現もある。

リスク論は、確率論と密接な関係がある。もちろん、リスクの概念は、確率分布が既知でない不確実性や損害などの広義の意味内容を持つものではあるが、確率論との関係は深い。特に、リスクを技術的な観点から検討するリスク解析 (risk analysis) では、確率論を通常用いている。リスク解析は、リスクに関する科学的研究から政策決定に至るまでのリスク査定 (risk assessment)、リスク管理、リスクコミュニケーションからなるプロセスを経るとされているが (National Research Institute, 1983, 1989)、いずれの段階でも確率情報は重要な位置づけにある。リスク解析を含むリスク論は、一般に、社会的意思決定のために論じられることが多いので、少なくとも意思決定論的枠組みを持っていると言える。一方、確率論では、確率の解釈という曖昧性をはらんだ問題も持っているが、数理的な考察が中心になる。

ここで意思決定論的なスキーマを簡単に示すために、確率分布が既知かもしくは既知でない状況も含んだ不確実性の状況での意思決定を考えてみる。意思決定に関する選択肢の集合を簡単のために、記号で示すと、不確実性下の意思決定における選択肢の集合 F は、下記のように表記できる (竹村・藤井, 2015)。

$$F = \{f | f : \Theta \rightarrow X\}$$

ただし、 F は意思決定を行う場合の選択肢の集合であり、 f は各選択肢であり、 Θ は自然の状態の集合 (確率論での標本空間)、 X は結果の集合である (金銭的価値や人命などのリスク論での結果である)。不確実性下の意思決定においては、ある選択肢 f を選んで、状態 $s \in \Theta$ が生起するとある結果 $x \in X$ がわかるような構造になっている。もし、選択肢 f と状態 s がわかっていると、 $x = f(s)$ のようになり、選択肢は s の状態のときに結果 x になると解釈できる。

さて、ここで、上記のスキーマで意思決定と確率の関係について考えるために、 F の二項関係における関係性を $\succsim$ で表記しよう。 $\succsim$ は、 $F \times F$ の部分集合である。選択肢は、状態の集合から結果の集合への写像として考えることもできるが、結果には自然の状態に関わる確率で表現される不確実性があると考えるときには、 2^X 上の有限加法的確率測度の凸集合 P_X が考えられる。さらに、選択肢のすべての集合を F_p とすると、 $f \in F_p$ に対して、 $f(\Theta) = \{f(s) \in P_X : s \in \Theta\}$ が考えられる。ここで、 P_X は凸集合であるので、すべての $f, g \in F_p$ と $0 < \lambda < 1$ に対して、任意の $s \in \Theta$ に対して、 $(\lambda f + (1 - \lambda)g)(s) = \lambda f(s) + (1 - \lambda)g(s)$ となり、 $(\lambda f + (1 - \lambda)g)(s)$ 自体も P_X の要素である

早稲田大学心理学教室・早稲田大学意思決定研究所
(Department of Psychology, Waseda University, & Institute for Decision Research, Waseda University)
連絡先: 〒162-8644 東京都新宿区戸山 1-24-1
E-mail: kazupsy@waseda.jp

こととなる。 $f(s)$ と $g(s)$ は確率測度なので、 P_X が凸集合であるということは、その凸結合も確率測度になることを意味する。また、 $\lambda f + (1 - \lambda)g \in F_p$ となるので、 F_p 自体も凸集合であることがわかる(田村他, 1997)。このように、自然の状態によって規定される結果の確率分布がわかっている場合は、選択肢の選好関係を確率分布の選好という形で表現でき、リスク論で扱うような意思決定と確率の問題を比較的単純な形で扱うことできる。さらにSavage (1954)のようにある公理を仮定して主観確率を構成して、確率と意思決定の関係をすっきりさせる考えもあるし、通常確率論の範疇には入らないが非加法的確率による非線形期待効用理論のような構成の仕方もある(田村他, 1997; Takemura, 2014)。

しかし、不確実性には、様々なものがある。すなわち、 Θ から X への写像がわかっているが Θ に関する確率分布がわかっている狭義のリスクの状況、 Θ から X への写像がわかっているが Θ に関する確率分布がわかっていない場合の曖昧性(ambiguity)の状況、さらにそれらもわからない無知(ignorance)の状態の場合がある。 Θ から X への写像がわかっているが Θ の要素が何かわからない場合を特に標本空間の無知(sample space ignorance)と言う(Walley, 1996; Smithson, et al., 2000)。さらには、 Θ から X の写像が確定できず、 X の要素もわからないようなより根源的な無知の状態もある。リスク論が、確率分布のわかっている狭義のリスクを問題にしている場合は、確率論との関係はすっきりとしたものになるが、リスク論は、広義には、無知下での意思決定も扱いざるを得ないので、確率論とはすっきりした関係にはならない。さらに、ここで示したスキーマは、非常に単純なものであり、例えば、集団での意思決定状況を表現していない。意思決定の構成メンバーがそれぞれ異なる選択肢の集合を保有しており、意思決定の構成員の利害が微妙に対立するようなゲーム論的な位置づけにある場合は、事態は複雑なものとなるだろう。さらに、リスク論ではよく問題になるように、結果や自然の状態の存在自体に曖昧性などが存在する場合、より事態は複雑になるだろう。

実際のところ、リスクに関する社会政策において、確率論では合理的にとらえられない問題が現実議論されている。例えば、確率論や確率論に基礎を置く期待効用理論の立場に基づくリスク解析にとって、欧州圏やカナダを中心にして提案されている、いわゆる予

防原則(precautionary principle)あるいは予防的アプローチ(precautionary approach)は、親和性がない概念となっている(竹村他, 2004)。というのは、予防原則や予防的処置という概念が、確率では表現できないとする「不確実性」を想定しているからである。予防原則や予防的アプローチというのは、人間や社会に重大な危害を与えると判断できる可能性があり、リスク査定が行われた結果、必ずしも科学的に因果関係が証明できない時の政策的なオプションを問題としている。科学的な評価に多くの不確実性がある場合である。それでもなお、公共的観点から予防的に規制した方がよいと判断出来る場合に、費用対効果を勘案しつつ、規制を行うこともあり得るとしている。その意味で、確率論的な立場から、あるいは確率論に基づく期待効用理論の立場から、この規制や原則を擁護することは直ちにはできないのである(竹村, 2006)。ただし、Dekay 他(2002)のように、主観確率に基づく期待効用理論の観点から予防原則や予防処置を説明しようとする試みもあるが、予防原則や予防処置の背後にある考えは、必ずしも確率で表現できないような曖昧性を含んでいる。

リスク解析によるリスク評価(risk evaluation)に関しては、リスク社会論やリスク社会学的観点から批判を加える立場の人々がいる(Beck, 1986, 2002; 平川, 2002; 山口, 2002)。例えば、Beck (1986)は、有害物質の科学的測定やリスク査定に関して、不可知の部分があり、安全性の問題に答えられるわけではなく、リスク解析学者のような科学的立場を取る者のリスクに関する知の独占に疑義をはさんでいる。さらには、リスクという概念自体が社会的に構成されるという立場をとるものは少なくなく(例えば、山口, 2002; 大坪他, 2002)、リスク評価の客観性の評価に関して共通の枠組みが形成されていない現状が続いている。

また、リスクコミュニケーションにおいても、確率で表現されるリスク情報が一般市民に十分浸透していないなどの問題点も指摘されている(広田, 2011)。

本特集は、このようなリスク論に横たわる問題背景のもとに、2015年1月25日に同志社大学で開催された第100回行動計量シンポジウム「確率論とリスク論の悩ましき関係」(オーガナイザー木下富雄氏)の発表を発展させたものである。本シンポジウムは、「リスク学の基礎は確率論であるから、両者の相性はもともと良い筈である。ところが近年、リスク対象の拡大や複雑化が進むにつれ、両者の間に軋みが目立ち始めた。

だがこの軋みは単なる技術的な困難さを超えて、学問の本質に関わる問題を内包している。」という問題意識のもとになされている。本シンポジウムでは、岡太彬訓氏（当時本学会理事長）の司会のもと、本特集の執筆者であり、この分野での第一人者である木下富雄、椿広計、柴田義貞、池田三郎の四氏という豪華メンバーにより講演が行われ、繁榊算男氏（現本学会理事長）が指定討論を行った。本シンポジウムは、本学会が主催であるが、日本社会心理学会、日本心理学会、日本テスト学会、日本統計学会、日本放射線影響学会、日本リスク研究学会の共催でとり行われ、数多くの分野からの参加者を得た。本学会の編集委員会において、本シンポジウムでの議論を「行動計量学」の特集でとりあげることの意義が大きいという判断がなされ、本特集号が計画されたのである。

謝 辞

本稿は、林 文前編集委員長、現編集委員のご意向に従い筆者の単著扱いとなっているが、本特集号の経緯と主旨を書かれた林先生による草稿に、確率とリスク論についての解説と考察を加えたものである。筆者は前委員会まで特集号の編集担当であり昨年度より残務である原稿の査読などは引き続き行っていたが、林先生が新編集委員会体制での編集担当を引き受けられた。記して謝意を表したい。

参 考 文 献

- Beck, U. (1986). *Riskogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Frankfurt am Main, Germany: Suhrkamp Verlag. 東廉・伊藤美登里（訳）（1998）. 危険社会—新しい近代への道, 法政大学出版局.
- Beck, U. (2002). *Das Schweigen der Wörter: Über Terror und Krieg*. Frankfurt am Main, Germany: Suhrkamp Verlag. 島村賢一（訳）（2003）. 世界リスク社会論—テロ、戦争、自然破壊, 平凡社.
- Dekay, M. L., Small, M. J., Fischbein, P. S., Farrow, R. S., Cullen, A., Kadane, J. B., Lave, L. B. Morgan, M. G., & Takemura, K. (2002). Risk-based decision analysis in support of Precautionary policies, *Journal of Risk Research*, 5(4), 391–417.
- 平川秀幸 (2002). リスクの政治学—遺伝子組換え作物論争のフレーミング分析. 小林傳司（編）公共のための科学技術, 玉川大学出版部, pp.109–138.
- 広田すみれ (2011). リスクコミュニケーションにおける確率を用いた不確実性伝達の心理学的課題, *心理学評論*, 54(2), 153–167.
- National Research Council (1983). *Risk assessment in the federal government*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (1989). *Improving risk communication*. Washington, DC: National Academy Press. 林裕造・関沢純（監訳）リスク・コミュニケーション, 化学工業日報社.
- 大坪寛子・山本明・吉川肇子 (2002). 社会的現実としてのリスク：合理的なリスク概念の限界, *日本リスク研究学会誌*, 14, 63–68.
- Savage, L. J. (1954). *The foundations of statistics*, New York, NY: Wiley.
- Smithson, M., Bartos, T., & Takemura, K. (2000). Human Judgment under sample space ignorance, *Risk, Decision and Policy*, 5, 35–150.
- 竹村和久 (2006). リスク社会における判断と意思決定, *認知科学*, 13(1), 17–31.
- 竹村和久・藤井聡 (2015). 意思決定の処方, 朝倉書店.
- 竹村和久・吉川肇子・藤井聡 (2004). 不確実性の分類とリスク評価—理論枠組の提案—, *社会技術研究論文集*, 2, 12–20.
- Takemura, K. (2014). *Behavioral decision theory: Psychological and mathematical representations of human choice behavior*. New York: Springer.
- 田村坦之・中村 豊・藤田眞一 (1997). 効用分析の数理と応用, コロナ社.
- Walley, P. (1996). Inference from multinomial data: learning about a bag of marbles (with discussion), *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 58, 3–57.
- 山口節郎 (2002). 現代社会のゆらぎとリスク, 新曜社.