

国際会議 ICOR2017 で Best Paper Award を受賞して

片桐英樹*

Acknowledgment for winning the best paper award of IAENG International Conference on Operations Research (ICOR2017)

Hideki KATAGIRI*

1. 国際会議 ICOR2017 に参加して

International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS)は、International Association of Engineers (IAENG)の主催の下、計算機科学・工学分野に関わる様々な研究分野の国際会議が同時に開催されるマルチカンファレンスである。その中で、IAENG International Conference on Operations Research (ICOR)はオペレーションズ・リサーチの研究分野の発表が行われる国際会議となっている。ホームページ掲載の情報によると、IMECS2017における参加者は800人以上、発表申込件数は649、採択数は331で採択率は51%となっている。

2. Best Paper Award を受賞して

ICOR2017 は、2017 年 3 月 15～17 日に香港で開催されたIMECS2017における一つの国際会議として開催された。筆者は「可能性下方リスクに基づくファジィ確率線形最適化」[1]のテーマで研究発表を行い、Best Paper Award (最優秀賞)を受賞することができた。ファジィ確率最適化は「不確実・不確定性下の数理的意思決定」[2]に関する研究テーマの一つであり、筆者らの研究成果を含む最近の関連研究の動向については、日本オペレーションズ・リサーチ学会誌掲載の記事[3]やシュプリングー社から出版されている英文書籍[4]などに紹介があるので、興味のある読者は参照されたい。

3. ファジィ確率変数をパラメータとして含む数理最適化

本節では、発表内容について簡単に紹介する。まず3.1節で、数理最適化問題において、パラメータに不確実性が含まれる場合について言及する。3.2節では、ファジィ性とランダム性を同時に持つパラメータを表現するための数学的概念として、ファジィ確率変数を紹介する。3.3節では、数理最適化問題に含まれるパラメータが不確実性をもつときの従来の最適化モデルについて触れる。最後の3.4節で、不確実性下の最適化の一つ（あるいは拡張版）として、ICOR2017において発表したファジィ確率変数 (fuzzy random variable) をパラメータとし

て含む数理最適化について述べる。

3.1. 数理最適化と不確実性

現実の意思決定状況において、数理的に最適な決定を求めるための手法として数理最適化が知られている。例えば、ある工場において限られた量の原料から複数の製品を生産している状況を考える。利益を最大化するような各製品の最適生産量を求めたい場合には、原料の使用可能量の制約条件の下で利益を最大にするという数理最適化問題として定式化が可能となる。一般には、ある制約の下で目的関数を最適（最大あるいは最小）にする決定変数を求める問題を数理最適化問題という。目的関数や制約式が決定変数に関して線形の関数で表現される場合には線形最適化問題とよばれ、今回の発表では線形最適化問題に焦点を当てている。

通常の数理最適化問題においては目的関数に含まれるパラメータは確定値で与えられる。前述の例でいえば、製品の単位生産量あたりの利益（利益係数）がパラメータであり、この利益係数の値が確定値で与えられている状況に相当する。

しかし、現実の意思決定状況において、利益は景気や天候などによって変動することもあり、不確実性を考慮するほうが適切な場合もある。過去のデータが十分にあり、かつ意思決定を取り巻く環境が大きく変わらない状況であれば、確率変数で表現するのも適切と考えられる。しかし、例えば製造の現場などにおいては、熟練者の長年の経験に基づく判断が有用なことも多く、人間のもつ主観性を取り入れて意思決定を行うことが現実に行われている。このような現場の意思決定状況などを考慮して、ファジィ確率変数をパラメータとして含む数理最適化について様々なモデル[4, 5]が提案され発展してきている。

3.2. ファジィ確率変数

ファジィ確率変数[6]の概要を述べる前に、ファジィ集合について簡単に紹介する。ファジィ集合は1965年にZadehによって提案された概念で、「若い人」や「大きい数字」のように境界がはっきりしな

*教授 経営工学科
Professor, Dept. of Industrial Engineering and Management

い集合を表すための数学的概念である。ファジィ集合は「メンバーシップ関数」と呼ばれる、通常の集合を定義する特性関数を拡張した関数を用いて定義される。通常の集合における特性関数値が 0 あるいは 1 の 2 値の整数値をとるのに対して、メンバーシップ関数値は一般に 0 以上 1 以下の実数値をとる。ファジィ集合は特別な場合として通常の集合を含む概念である。

一方、ファジィ確率変数は 1970 年代後半に提案され、例えば「確率 0.8 で 20 ぐらい、確率 0.2 で 10 ぐらい」というように曖昧な値が確率的に現れる状況を表現することができる。確率変数においては実現値が確定値 (例: 確率 0.8 で 20, 確率 0.2 で 10) であるのに対して、ファジィ確率変数の実現値はファジィ集合となる。ファジィ確率変数は特別な場合として確率変数を含む概念である。

3.3. 不確実性下の最適化

通常の数理最適化問題では、目的関数に含まれるパラメータは確定値で与えられる。しかし、現実の意思決定状況を考えると、景気や天候などによって変動するパラメータの不確実性を考慮するほうが適切な場合も少なくない。

数理最適化の分野において、パラメータが確率変数で与えられる場合の意思決定法として 1950 年代に確率計画法が導入され、今日まで様々なモデルが提案されている。一方で、パラメータがファジィ集合で表される場合の意思決定法として、1970 年代からファジィ計画や可能性理論に基づく「可能性計画」が発展してきた。また、最適な資産の組合せを考えるポートフォリオ最適化[7]においても、株式などの収益率は確定値ではなく確率変数で表現し、平均値と分散を考慮したモデルや下方リスクモデルなど様々なモデルが提案されている。

ICOR2017 における筆者の発表では、下方リスクモデルに焦点を当てている。下方リスクモデルとは、下方部分積率、VaR (バリュー・アット・リスク)、CVaR (条件付 VaR) などの下方リスク尺度を用いたモデルである。

3.4. 可能性下方リスクに基づくファジィ確率線形最適化

今回の発表では、線形最適化モデルにおいて、目的関数のパラメータがファジィ確率変数で与えられる問題を取り扱い、新しいファジィ確率最適化モデルとして、下方リスク尺度に関する可能性の度合いを考慮したモデルを提案した。パラメータが確定値あるいは確率変数やファジィ数などで与えられている従来の線形最適化と比較して、ファジィ性とランダム性を同時に持つパラメータを含む提案モデルにより、データの客観性と人間のもつ主観性及びリスクを考慮した、より柔軟な意思決定が可能になると考える。今回に発表を行った意思決定モデルは、ファジィ確率変数をパラメータとして含む最適化問題に対して過去に筆者らが提案したモデル[5]の拡張版にもなっている。

4. おわりに

筆者は博士課程前期の学生であった 1990 年後半からこれまで約 20 年間にわたってファジィ確率最適化の研究テーマに取り組んできた。今回の成果もその延長上にあり、今後は今回の受賞を励みに、基礎研究と同時に現場の意思決定状況を扱った応用研究にも積極的に取り組んでいきたい。

参考文献

- [1] H. Katagiri, Fuzzy random linear optimization under possibilistic downside risk measures: minimization of possibilistic low partial moment, *In Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017*, 2, 2017.
- [2] 石井博昭, 斎藤誠二, 森田浩, 不確実・不確定の意思決定, 大阪大学出版会, 2004.
- [3] 矢野均, 不確実状況下における多目的計画問題に対する意思決定手法, オペレーションズ・リサーチ, 62(3), 141-148, 2017.
- [4] M. Inuiguchi et al., Fuzzy multi-criteria optimization: possibilistic and fuzzy/stochastic approaches. In *Multiple Criteria Decision Analysis*, 851-902. Springer, New York, 2016.
- [5] H. Katagiri et al., Interactive multiobjective fuzzy random linear programming: Maximization of possibility and probability. *European Journal of Operational Research*, 188(2), 530-539, 2008.
- [6] 小倉幸雄, 確率ファジィ解析, 日本ファジィ学会誌, 10(6), 1012-1019, 1998.
- [7] 枇々木規雄, ポートフォリオ最適化入門, オペレーションズ・リサーチ, 61(6), 335-340, 2016.