

〔講演〕

How and When to use Fuzzy Theory in Operations Research and Management Science : Some Practical Examples

Arnold Kaufmann

文責者まえがき

A. Kaufmann 教授は1911年フランスに生まれ、1945年グルノーブル工科大学数学科を卒業し、1954年同大学で理学博士の学位を取得、パリ鉱工業大学、グルノーブル工科大学でオペレーションズ・リサーチ講座の教授をされた。その後、ベルギーのルバン大学で人間科学のための数学を担当し、現在ルバン大学名誉教授、中国華中工学院客座教授をされている。応用数学の分野で世界的に著名な教授は、現在でも第一線に立って研究活動をしており、最近はいまい数学とその応用面で指導的な研究を行なっている。

Kaufmann 教授のファジィ集合論への主要な寄与として、最近の著書[1]がある。月例講演会では、OR・MS領域における Fuzzy 集合論の応用に関する新しい発展について講演された。以下はこの東京講演の要旨である。

講演内容

ファジィ集合論は、1965年に、L. A. Zadeh 教授によって提案され、発展した理論である。現在私は、ファジィ集合論の純粹理論面よりも応用面に強い関心をもっており、過去5年間研究時間の大部分を産業への応用、企業への応用、行政機関やその他の多くの人間科学の領域への応用についてやした。ファジィ集合論では、確率論と同様に測度を定義しているのだから、確率測度とファジィ測度の主要な相違点について説明する。たとえばコル

モゴロフの確率論の主要な公理として、 $P_r(A \cup B) = P_r(A) + P_r(B)$ if $A \cap B = \phi$ がある。一方、ファジィ測度の定義では、 $(A \subset B) \Rightarrow (\nu(A) \leq \nu(B))$ が与えられている。問題は、ファジィ測度と確率測度をどのように結合したらよいかということである。なぜならば、コンピュータ、ロボット、その他のあらゆる種類のプログラム装置はプログラムを必要とし、かつ客観的であるが、人間の脳の働きや、人間の決定は主観的だからである。

次に客観的測度と主観的評価のコンビネーションについて説明する。オペレーションズ・リサーチやマネジメント・サイエンス、またシステム理論、その他の人間と機械が関係するあらゆる種類のシステムにおいては、ファジィ性とランダム性の応用に関する説明のために、非常に良いプロセスがある。人間と機械のコミュニケーションにおいて、人間は主観的、機械は客観的であり、両方の良いコンビネーションを必要とする。人間の脳は膨大な数の脳細胞をもっており、それらはパラレルに学習するパラレル・マシンである。一方、コンピュータ、ロボット、その他のすべての機械はシーケンシャル・マシンである。パラレル・マシンとシーケンシャル・マシンのコンビネーションのためには、ブール論理よりも、むしろファジィ論理のほうが適している。

次にファジィ集合論が、多くの新しい問題に対

して、よく適用できる理由を示す。たとえば、教育は多くの人間の間のコミュニケーションによって、また場合によっては、マン・マシンのコミュニケーションによって行なわれる。教育に対する要求が増大するにつれて、広範囲な領域における、多くの種類の教育が必要とされる。しかし、多くの事柄を学習するためには、人間の教育のプロセスは必ずしも十分ではない。人間と機械のコンビネーションを必要とし、また機械を使うためにプログラムを必要とする。ここに教育システムを改善するに当って、新しい理論を必要とする理由がある。

ロボットの活動、すなわち自動的実行、自動的学習、適応行動等は、機械の学習プログラミングによって効果的に行なわれるが、人間の脳や人間の決定に関係するロボットに関しては、多くの問題がある。この場合には完全なフォーマル・プロセスを使うことはできない。われわれは、コンピュータ言語を使用し、フォーマル言語、Chomsky理論、またFORTRAN, COBOL, ALGOLなど、多くのコンピュータ言語を理解する。人間とコンピュータの会話において、意味論(semantic)の問題がある。人間は言語を理解するが、機械にはできない。人間とコンピュータの会話において意味論は非常に重要であり、意味論的な観点から考えるならば、ブール論理からファジィ論理への新しい展開が必要である。多くの言語は感応的(sym pathetic)であり、ポピュラー言語を使用する。このことは不正確さ(imprecision)あるいは言語の意味の「不確かさ」(vagueness)の概念を必要とする。また人間には想像力があり、機械にはない。

最近ファジィ集合論に対しては、賛否両論がある。現在私は、測度と評価の最も有効なコンビネーションを見いだすことに関心をもっている。ランダム性とファジィ性の結合のために多くの方法がある。今後この両方のコンビネーションに関して、新しい方法が見いだされていくであろうし、

近い将来ファジィ集合論の伝統が、認識論上の事実であることがわかるであろう。

次に測度と評価の結合に関するいくつかの例を示す。最も古典的な方法はmax-min演算で、 A を正規凸ファジィ数と仮定し、主観的に与えられるものとする。各レベルで a_1 と a_2 の区間が考えられる。これを推定レベル(presumption level)とよんでおり、これは信頼区間の概念の1つの拡張である。次にランダム・ナンバーを B とする。この方法では、 A と B の結合はmax-min演算によって次のように与えられる。
$$\mu_{A(+)B}(z) = \bigvee_{z=x+y} (\mu_A(x) \wedge \mu_B(y))$$
ここで、 μ_A はメンバーシップ関数、 μ_B は確率密度関数、 \bigvee , \wedge はそれぞれmax, minを示す。他の方法としてハイブリッド・オペレーションがある。これらの演算方法の応用の例としては、たとえば生産コストの計算において、フォーマル・コスト、ランダム・コスト、主観的コストに対してmax-min演算の適用が可能である。また信頼性の理論にハイブリッド演算を使うことができる。この場合には、ある事柄の信頼性について経験にもとづく主観的情報を利用することができる。PERTに対しては、作業の所要時間、遅れ時間などについて信頼区間が考えられる。また線形計画法や動的計画法、ベイジアン理論にハイブリッド演算を適用することが可能である。

確率概念とファジィ概念を結合するための他の方法として確率集合論がある。さらに、確率と統計の分野におけるファジィ化には新しい発展の可能性が残されている。また、この種の問題に対して、いくつかのアイデアを示すことができる。周知のように、長期予測は、どの国にとっても重要な問題であり、この困難な長期予測のために、シミュレーションを使用することができる。例として、ローマ・クラブでは、世界的な状況の長期予測のために、システム・シミュレーションを使っているが、シミュレーションは注意深く行なう必要がある。たとえば、ラプラス・プロセスは確定的であり、この点に関して危機的な要因がある。

それはいくつかのプロダクト・オペレーションを使うということである。私はむしろファジィ概念を使用することを好む。このことは、確実性をファジィ概念で表現することを意味している。

以前私は、世界中の主要な港湾建設の問題にシミュレーションを使用した。一般に貿易港に関する諸問題は非常に複雑である。現在、シミュレーションを行なうに当って、ファジィ・データとランダム・データのハイブリッド・オペレーションを使っている。これは港湾建設のシミュレーションのために良い方法である。おそらく、将来において、このアイデアを改良するために、新しい方法や方向が示されよう。ラプラスの観点からの確実性は、すべての問題に対して、満足のできるものではない。したがって、ラプラスの観点からの使用には十分な注意が必要である。

確率論とファジィ集合論のコンビネーションによって多くの有益な概念が形成される。たとえば、私はファジィ性の概念を導入して、新しいデルファイ法を提案した。さらに多くの状況につい

て、ファジィ性とランダム性のコンビネーションを考えることができる。たとえば、人間の忘却の問題、医療診断の問題等があげられよう。

文責者あとがき

今回の講演では、確率概念とファジィ概念のコンビネーションの問題について、具体的な方法とその応用について論じられた。ここでは講演の要旨をまとめたので、ファジィ測度、max-min 演算、ハイブリッド演算、確率集合論についての詳細は次の文献[2][1][3]を参照されたい。

参 考 文 献

- [1] A. Kaufmann: Introduction to Theory of Fuzzy Sets (4 volumes), Masson-Paris and Academic Press, 1975-1977
- [2] 菅野: Fuzzy 測度と Fuzzy 積分, 計測自動制御学会論文集, 8, 2, 218-226(1972)
- [3] K. Hirota: Concepts of probabilistic sets, Fuzzy sets and Systems 5, No.1, 31-46(1981)
(文責: 東京工業大学 システム科学専攻 野尻秀之)

研究部会報告

●混雑現象と待ち行列

●第3回 日時: 6月27日(土) 14:00~17:00 場所: 東京工大(大岡山キャンパス)南棟5階 555号室 出席者: 25名

(1) 港湾に関連する混雑現象と待ち合せ問題

奥山育英(運輸省港湾技研)

港湾における船舶、荷役機械等の混雑現象の実態と待ち行列モデルにもとづくその対策法について論じた。

(2) 点過程と待ち行列—直観的解説—

宮沢政清(東京理科大)

パルム測度の理論を用いて、客ごとに定まる量と任意時点で定まる量との関係について論じた。

●第4回 日時: 7月25日(土) 14:00~17:00 場所: 東京工大(大岡山キャンパス)南棟5階 555号室 出席者: 21名

(1) 電話トラヒック変動と設備設計

原田要之助(武蔵野通研)

変動するトラヒックのどのレベルをとらえて接続品質を規定するかという問題と、短時間変動にもとづく品質評価の問題について考察した。

(2) Laguerre 変換について

住田 潮(Syracuse 大)

Laguerre 変換の定義と応用確率モデルへの応用について解説した。

(3) 論文紹介

森 雅夫(茨城大)

●第5回 日時: 9月19日(土) 14:00~17:00 場所: 東京工大(大岡山キャンパス)南棟5階 555号室 出席者: 25名

(1) C V S 駅部および交差点近傍における待ち行列

中田勝啓(玉川大)

(2) ゲートのある待ち行列 村尾 洋(武蔵野通研)

情報処理システムでは、装置およびプログラムの動作特性から、全体として、確率的な動きと確定的な動きの混合した挙動を示す。このようなシステムをゲートのある待ち行列モデルとしてとらえることを試みた。

(3) 論文紹介

川島 武(防衛大)