

## 経営システム工学科 石原研究室

### 応用確率論およびデータ解析に関する研究

石原 辰雄\*1

#### Ishihara Laboratory, Department of Management Systems Engineering Research on Applied Probability and Data Analysis

Tatsuo ISHIHARA

### 1. 概要

経営分野およびその周辺の問題を念頭に置きながら、偶然性をもつ事象や曖昧性を持つ事象を対象にして、それらを如何に分析し、有益な情報を引き出すかという研究に特に関心をもっている。研究対象の設定、研究の意義や目的の確認、モデル構築のために経営システム工学および経営科学を中心に据え、基礎理論として最適化法、応用確率論、ファジィ理論を用い、分析手法としてデータ解析法やコンピュータ・シミュレーション技法を援用して研究している。最近の主な研究成果、研究過程にあるものは次の4研究である。

### 2. ファジィ数の演算法に関する研究

ファジィ理論を数量に関わる問題に適用しようとする場合にはファジィ数の演算が必要不可欠である。ファジィ数の演算について演算方式が従来から提案されているが、演算結果のメンバーシップ関数に不自然なデコボコがあることやファジィ数の出自を考慮しないで起こる不都合な結果が出るなど幾つかの問題点がある。その点を解消するために、ファジィ数のメンバーシップ関数 $\varphi(x)$ が与えられたときに、この関数より境界確率変数と称する2つの確率変数を導入し、これらに基づく新しい演算法を提案した<sup>1), 2)</sup>。

メンバーシップ関数 $\varphi_X(x), \varphi_Y(x)$ をもつファジィ数 $X, Y$ に関する新しい演算法は次のように定義される。

#### ① 左右のメンバーシップ関数の定義

次の式に基づいて $X$ の左側、右側のメンバーシップ関数 $\varphi_X^L(x), \varphi_X^R(x)$ を定義する。

$$\begin{aligned}\varphi_X^L(x) &= \max_{t < x} \{\varphi_X(t)\} \\ \varphi_X^R(x) &= \max_{t > x} \{\varphi_X(t)\}\end{aligned}$$

$Y$ についても同様に関数 $\varphi_Y^L(x), \varphi_Y^R(x)$ を定義する。

#### ② 境界確率変数の導入

続いて、次の式を満たすような確率変数 $X^L, X^R$ を定義。

する。これらを $X$ の境界確率変数と呼ぶ。また、ファジィ数 $Y$ の境界確率変数 $Y^L, Y^R$ も同様に定義される。

$$\Pr\{X^L \leq x\} = \varphi_X^L(x)$$

$$\Pr\{X^R \geq x\} = \varphi_X^R(x)$$

#### ③ 演算式のメンバーシップ関数の定義

続いて $X, Y$ の演算式に関する左右のメンバーシップ関数を作成する。たとえば、 $X, Y$ の引き算については、次式によって作成する。

$$\varphi_{X-Y}^L(x) = \Pr\{X^L - Y^R \leq x\}$$

$$\varphi_{X-Y}^R(x) = \Pr\{X^R - Y^L \geq x\}$$

最後に、 $X, Y$ の演算式のメンバーシップ関数を構成する。 $X-Y$ については次式により構成する。

$$\varphi_{X-Y}(x) = \varphi_{X-Y}^L(x) \varphi_{X-Y}^R(x)$$

このような方法で、複数のファジィ数の四則演算、その他の演算を定義した。

また、ファジィ数の不等関係に関する新しい定義を提案した<sup>3)</sup>。現在はこの演算法をファジィデータ解析、ファジィ回帰分析、ファジィAHP、ファジィ線形計画法などに適用するための研究を行っている<sup>4)</sup>。

### 3. 集合の逆演算に関する研究

データ解析の一環として、集合演算の逆問題と呼ぶ問題を定義し研究を進めている<sup>5) 6)</sup>。いま、全体集合 $U$ とその部分集合 $A, B, C, D, \dots$ および集合 $R$ が具体的に与えられているとする。このとき、次のような方程式を設定する。

$$\varphi(A, B, C, D, \dots) = R$$

ここで、 $\varphi(A, B, C, D, \dots)$ は集合 $A, B, C, D, \dots$ の何らかの演算式である。部分集合 $A, B, C, D, \dots$ および集合 $R$ が与えられているとき、左辺において集合 $A, B, C, D, \dots$ にどのような演算を行うと右辺の集合 $R$ を導くことができるか、この演算式 $\varphi(A, B, C, D, \dots)$ を求めよという問題を「集合演算の逆問題」と呼ぶ。

研究の結果、ある条件を満たすならば演算式を構成で

\*1 情報通信学部経営システム工学科 教授

きることが明らかになった。しかしながら解として得られた演算式  $\varphi$  は非常に複雑な格好をしており、データ解析などに適用しようとする場合には都合がわるい。現在はこの集合式を如何にして簡単な式にすることができるかを研究しているところである。また、それとはまったく別のアプローチで、式の簡単さを評価する関数を定義して、遺伝アルゴリズムを用いた探索問題に帰着して簡単な表現式を求める研究も進めている<sup>7)</sup>。

#### 4. 生産スケジューリングに関する研究

生産スケジューリングに関する研究については、主に修士課程の院生とともにやっている。一つは、多品目多段工程動的ロットサイズスケジューリングに関する研究である。スケジューリング問題としては難しい問題であるが、生産工程の段階を区切り、段階ごとにスケジューリングを行い、これを積み上げていく計算法を開発した。この方法により従来計算することができなかつたサイズの問題について計算可能となった<sup>8)</sup>。

もう一つの研究は、生産計画問題への遺伝的アルゴリズム (GA) の適用に関する研究である。周知のように、遺伝的アルゴリズムは、自然淘汰と突然変異による生物進化のプロセスを最適化問題に適用するためのアルゴリズムである。生産計画問題に遺伝的アルゴリズムを適用する場合に、問題となるのは、GA の基本ステップである新規個体の生成や個体同士の交叉である。ここに述べる初期個体とは初期生産計画であり、個体の交叉とは2つの生産計画を重ね合わせて新しい生産計画を作成することである。これらの操作を行う場合には意味のある生産計画を作成できるか否かが重要な課題であるが、本研究室では、生産圧力という指標を考案しこれを新規個体の生成や個体同士の交叉に適用することにより、この課題を克服する見通しを得た。目下、この考えのもとに生産計画問題解決のための計算プログラムを開発中である。

#### 5. データ解析に関する研究

確率論分野における理論的研究として、異なる範囲に分布する複数の一様確率変数の和および積の確率変数の分布特性について研究した<sup>9)</sup>。同じ種類の確率変数の和の分布がどのような関数によって表現されるかについては正規確率変数を除いてはほとんど研究されていないが、本研究室における研究によって、上記の和と積の分布関数が明らかになった。すなわち、 $(a_i, b_i), a_i < b_i$  間に分布する一様確率変数  $X_i, i=1, \dots, n$  の和  $S = X_1 + \dots + X_n$  の確率密度関数  $f(x)$  は次式で与えられる。

$$f(x) = \frac{1}{(n-1)! C_n} \sum_{\alpha \in B_n} (-1)^{N_\alpha} \max\{0, (x - S_{n,\alpha})\}^{n-1}$$

ここで、 $B_n$  は集合  $A_n = \{1, \dots, n\}$  のベキ集合、 $N_\alpha$  は集合

$A_n$  の部分集合  $\alpha$  に含まれる要素の個数である。また、 $C_n, S_{n,\alpha}$  は次式により定義される値である。

$$C_n = \prod_{i \in A_n} (b_i - a_i)$$

$$S_{n,\alpha} = \sum_{i \in A_n} \{a_i + (b_i - a_i)\alpha_i\}$$

上式で用いられている  $\alpha_i$  は、 $i \in \alpha$  の場合に 1、 $i \notin \alpha$  の場合に 0 となる値である。

データ解析に関するもう一つの研究は、複数回答データの解析法に関するものである。ここで述べる複数回答データとは、複数の項目の中からいくつ選んでもよい、あるいは、所定の個数の項目を選ぶという形で得られるデータがある。たとえば次のようなアンケート調査のデータを考えることができる。

あなたがコンビニエンスストアに置くことを特に希望する商品はどれですか。次の商品から幾つでも結構ですでお選び下さい。

(A)弁当 (B)惣菜 (C)たまご (D)カップラーメン (E)アイスクリーム (F)文房具 (G)切手 (H)米 (I)肉 (J)塩 (K)しょうゆ (L)週刊誌 (M)はがき (N)歯ブラシ (O)靴下 (P)電池 (Q)酒類 (R)お菓子 (S)つまみ (T)タオル (U)清涼飲料水 (V)菓 …

この調査の結果、たとえば次のようなデータが得られる。

FGLSPK, ABCDEFGHI, ABDLQSUV, AUHNQ, GDRNHFQSKM, CBRMF, VKMGL, SRQPFE, …

本研究室では、このような複数回答データの分析法について新しい方法を提案した<sup>10)</sup>。

#### 参考文献

- 1) 石原辰雄：ファジィ数の四則演算に関する一提案，日本経営システム学会誌 Vol. 18, No. 2, pp. 25-32, 2002
- 2) 石原辰雄：境界確率変数を用いたファジィ数演算，日本経営システム学会誌 Vol. 21, No. 1, pp. 9-15, 2004
- 3) 石原辰雄：境界確率変数に基づくファジィ数不等関係の定義およびその特性の考察，日本経営システム学会誌 Vol. 24, No. 1, pp. 33-39, 2007
- 4) 石原辰雄：グループファジィ AHP に関する一提案，日本経営システム学会誌 Vol. 19, No. 1, pp. 59-67, 2002
- 5) 石原辰雄：集合の逆演算とデータ解析，第 38 回日本経営システム学会研究発表大会論文集，pp. 74-77, 2007
- 6) 石原辰雄：集合の逆演算とその応用，第 39 回日本経営システム学会研究発表大会論文集，pp. 176-179, 2007
- 7) 石原辰雄：GA を用いた集合演算の逆問題の解法，第 41 回日本経営システム学会研究発表大会論文集，pp. 188-191, 2008
- 8) 田中優，石原辰雄：多品目多段工程動的ロットサイズスケジューリング計画のカスケード型解法の提案，第 44 回日本経営システム学会研究発表大会論文集，pp. 66-67, 2010
- 9) 石原辰雄：独立で非同質な分布に従う一様確率変数の和および積の分布，日本応用数理学会論文誌，Vol. 12, No. 2, pp. 1-11, 2002
- 10) 石原辰雄：複数回答データの解析法に関する一提案，第 36 回日本経営システム学会講演論文集，pp. 152-155, 2006