

# ファジィ数量化理論Ⅱ類を行う ファジィ・ニューロを用いた パソコン購買要因の分析

柴 田 淳 子

## 1. はじめに

近年、IT技術の急速な発展により、膨大なマーケティングデータが比較的容易に利用できるようになってきている。ここで、マーケティングデータとは、マーケティング活動を通して得られるデータのことである。マーケティングデータには人間の製品に対する認識や評価が内在しているため、これらのデータは消費者の商品に対する潜在的な内部構造を知るために役立つ。消費者の内部構造を明らかにすることは、企業が製品の開発や販売を行う上で重要や役割を果たす。これまでに、消費者の購買行動を分析する研究は数多くなされている。

人間の判断や行動には曖昧性が含まれていることから、量的あるいは質的データをファジィデータとして取り扱うファジィ数量化理論が提案されている。その中のファジィ数量化理論Ⅱ類は、外的基準がファジィ集合によって記述されるファジィデータとして取り扱うものである。また、一般化固有値問題のコレスキー分解が利用できないような場合でもファジィ数量化理論Ⅱ類が適用できるように、ファジィ数量化理論Ⅱ類とファジィ・ニューロを組み合わせたシステムが提案されており、農作物の品質を向上するための技術管理、栽培環境評価および品質選定システムが構築されている。

本研究では、ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロを用いてノ

ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロを用いた……

ート型パソコンにおける消費者の購買要因を分析する。これにより、消費者が潜在的に重視している判断基準が明らかになると考えられる。

## 2. ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロ

### 2.1 ファジィ数量化理論Ⅱ類の概要

ファジィ数量化理論Ⅱ類は、表1に示すようなデータを扱う。ここで取り扱うデータは、外的基準が  $B_M$ 、カテゴリ数が  $A_K$ 、サンプル数が  $N$  である。

表1：ファジィ数量化理論Ⅱ類で取り扱うデータ

番号 $N$	ファジィ外的基準 $B_1 \cdots B_M$	カテゴリ $A_1 \cdots A_K$
1	$\mu^{B_1}(y_1) \cdots \mu^{B_M}(y_1)$	$\mu_1(x_1^1) \cdots \mu_K(x_1^K)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$n$	$\mu^{B_1}(y_n) \cdots \mu^{B_M}(y_n)$	$\mu_1(x_n^1) \cdots \mu_K(x_n^K)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$N$	$\mu^{B_1}(y_N) \cdots \mu^{B_M}(y_N)$	$\mu_1(x_N^1) \cdots \mu_K(x_N^K)$

表1のようなファジィデータが与えられているとき、ファジィ外的基準  $B_r$  の平均  $\bar{m}_{B_r}$  は

$$\bar{m}^{B_r} = \sum_{n=1}^N S_n^{B_r} y_n \quad r=1, \dots, M \quad (1)$$

であり、全平均  $\bar{m}$  は

$$\bar{m} = \sum_{n=1}^N S_n y_n \quad (2)$$

ただし、

$$S_n^{B_r} = \frac{\mu^{B_r}(y_n)}{\sum_{n=1}^N \mu^{B_r}(y_n)} \quad r=1, \dots, M \quad (3)$$

$$S_n = \frac{\sum_{r=1}^R \mu^{B_r}(y_n)}{\sum_{n=1}^N \sum_{r=1}^R \mu^{B_r}(y_n)} \quad (4)$$

である。また、カテゴリ  $A_k$  のメンバシップ値のファジィ外的基準  $B_r$  でのファジィ平均  $\bar{m}_k^{B_r}$  は

$$\bar{m}_k^{B_r} = \sum_{n=1}^N S_n \mu_k(x_n^k) \quad k=1, \dots, K; r=1, \dots, M \quad (5)$$

であり、全平均  $\bar{m}_k$  は

$$\bar{m}_k = \sum_{n=1}^N S_n \mu_k(x_n^k) \quad k=1, \dots, K \quad (6)$$

である。全変動  $T$ 、ファジィ群間変動  $B$  は、それぞれ以下のように定義できる。

$$T = \sum_{n=1}^N \sum_{r=1}^R (y_n - 2)^2 \mu^{B_r}(y_n) \quad (7)$$

$$B = \sum_{n=1}^N \sum_{r=1}^R (m^{B_r} - m)^2 \mu^{B_r}(y_n) \quad (8)$$

ファジィ数量化理論Ⅱ類の目的は、表1のようなファジィデータが与えられたとき、カテゴリ  $A_k (k=1, \dots, K)$  に対するカテゴリウェイト  $a_k$  を用いて表される線形式

$$y_n = \sum_{k=1}^K a_k \mu_k(x_n^k) \quad n=1, \dots, N \quad (9)$$

が、ファジィ群の分離の程度を示すファジィ分散比  $\eta^2$

$$\eta^2 = \frac{B}{T} \quad (10)$$

を最大にするようなカテゴリウェイト  $a_k$  を決定することである。

ここで、行列

$$\mathbf{a} \in \mathfrak{R}^K, \mathbf{A} \in \mathfrak{R}^K \times \mathfrak{R}^{NB_M}, \mathbf{G} \in \mathfrak{R}^{NB_M} \times \mathfrak{R}^{NB_M},$$

$$\mathbf{M} \in \mathfrak{R}^k \times \mathfrak{R}^{NB_M}, \bar{\mathbf{M}} \in \mathfrak{R}^K \times \mathfrak{R}^{NB_M}$$

を次のように与える。

$$\mathbf{a}^T = [a_1 \ \dots \ a_k \ \dots \ a_K] \quad (11)$$

ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロを用いた……

$$A = \begin{bmatrix} \mu_1(x_1^1) & \cdots & \mu_k(x_1^k) & \cdots & \mu_K(\mu_1^K) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \mu_1(x_n^1) & \cdots & \mu_k(x_n^k) & \cdots & \mu_K(x_n^K) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \mu_1(x_N^1) & \cdots & \mu_k(x_N^k) & \cdots & \mu_K(x_N^K) \\ \mu_1(x_1^1) & \cdots & \mu_k(x_1^k) & \cdots & \mu_K(x_1^K) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \mu_1(x_N^1) & \cdots & \mu_k(x_N^k) & \cdots & \mu_K(x_N^K) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$G = \begin{bmatrix} \mu^{B_1}(y_1) & & & & 0 \\ & \ddots & & & \\ & & \mu^{B_1}(y_N) & & \\ & & & \mu^{B_2}(y_1) & \\ 0 & & & & \ddots \\ & & & & & \mu^{B_M}(y_N) \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$M = \begin{bmatrix} \overline{m}_1^{B_1} & \cdots & \overline{m}_k^{B_1} & \cdots & \overline{m}_K^{B_1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \overline{m}_1^{B_1} & \cdots & \overline{m}_k^{B_1} & \cdots & \overline{m}_K^{B_1} \\ \overline{m}_1^{B_2} & \cdots & \overline{m}_k^{B_2} & \cdots & \overline{m}_K^{B_2} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \overline{m}_1^{B_M} & \cdots & \overline{m}_k^{B_M} & \cdots & \overline{m}_K^{B_M} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\overline{M} = \begin{bmatrix} \overline{m}_1 & \cdots & \overline{m}_k & \cdots & \overline{m}_K \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \overline{m}_1 & \cdots & \overline{m}_k & \cdots & \overline{m}_K \\ \overline{m}_1 & \cdots & \overline{m}_k & \cdots & \overline{m}_K \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \overline{m}_1 & \cdots & \overline{m}_k & \cdots & \overline{m}_K \end{bmatrix} \quad (15)$$

これにより、全変動  $T \in \mathbb{R}^K \times \mathbb{R}^K$ , ファジィ群間変動  $B \in \mathbb{R}^K \times \mathbb{R}^K$  は以下のようになり、

$$T = \mathbf{a}^T (A - \overline{M})^T G (A - \overline{M}) \mathbf{a} \quad (16)$$

$$B = \mathbf{a}^T (M - \overline{M})^T G (M - \overline{M}) \mathbf{a} \quad (17)$$

ファジィ分散比  $\eta^2$

$$\eta^2 = \frac{B}{T} \quad (18)$$

を最大にするカテゴリウェイトは、一般化固有値問題

$$B \mathbf{a} = \eta^2 T \mathbf{a} \quad (19)$$

の最大固有値に対する固有ベクトルとなる。

## 2.2 ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロの概要

式(19)が正則行列とならない場合にも適用できる解法として、数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロが提案されている。そのアルゴリズムは以下の通りである。

**Step 1:** 外的基準ごとの平均と標準偏差をそれぞれ導出し、ファジィデータから  $S_n^p, S_n$  を求める。

**Step 2:** カテゴリの項目ごとに対する釣鐘型メンバシップ関数の初期パラメータを与える。

**Step 3:** 観測値からファジィデータを求める。

**Step 4:** Step 1 と Step 2 で得られた値から、 $A, G, M, \overline{M}$  を求める。

**Step 5:** ファジィ分散比  $\eta^2$  を最急上昇法により更新する。

$$\begin{aligned} \frac{d\theta_{k_i}^p}{dt} &= \varepsilon \frac{\partial \eta^2}{\partial \theta_{k_i}^p} \\ &= \frac{\varepsilon}{T} \left( \frac{\partial B}{\partial \theta_{k_i}^p} - \eta^2 \frac{\partial T}{\partial \theta_{k_i}^p} \right) \end{aligned} \quad (20)$$

ただし、 $\varepsilon$  は正のパラメータ、 $\theta_{k_i}^p$  は、メンバシップ関数の中心、 $\theta_{k_i}^p$  は、

ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロを用いた……

りカテゴリウェイトによって構成される集合の要素を表す。そして、 $\theta_{k_i}$ を更新する。

**Step 6:** ファジィ分散比  $\eta^2$  を求め、**Step 5** で求めた値との差が  $\varepsilon_{\min}$  より小さければ終了。そうでなければ、**Step 3** へ戻る。

### 3. 販売データの分析と結果の考察

本研究では、ノート型パソコンの販売データを用いて消費者の購買要因の分析を行う。ここでは、最大記憶容量やメモリなど8項目を要因として、2004年11月から2006年11月までの某大学生協購買部におけるノート型パソコンの販売データの中から抽出した2社の販売データを取り扱う(表2参照)。外的基準には、消費者がパソコンを購入するときに判断基準とするノート型パソコンの重量とサイズを用いた。また、ここで取り扱う消費者のほとんどが大学教員であることから、価格よりも性能を重視していると考えられる。そのため、販売価格は外的基準の中に加えていない。

表2：ノート型パソコンのデータ

重量	サイズ (A4)	メーカー (S)	大記憶容量 (G)	メモリ (MB)	幅 (mm)	奥行き (mm)	高さ (mm)	単品売価	売上日 (04年)	売上日 (05年)
3.9	1	1	80	512	370	198	63	348000	0	1
3.9	1	1	100	512	370	198	63	399800	0	1
3.8	1	1	240	2048	416	299.5	41.5	449800	0	0
3.4	1	1	100	512	373.2	276.5	37.2	218000	0	0
2.3	1	1	40	512	321	255.3	29	239000	0	1
2.3	1	1	40	512	321	255.3	29	227000	1	0
2.3	1	1	40	512	321	255.3	29	227000	1	0
2.3	1	1	40	512	321	255.3	29	244650	0	1
2.5	1	1	60	512	317	263.7	31.8	193000	0	0
3.7	1	1	60	256	329	296.5	41.6	168000	0	1
3.7	1	1	80	256	329	296.5	41.6	194800	1	0
3.7	1	1	80	512	329	296.5	41.6	222000	1	0
2.8	1	1	100	1024	366	274.5	26	199000	0	0
2.4	1	1	60	512	340	253.5	21	133000	0	0

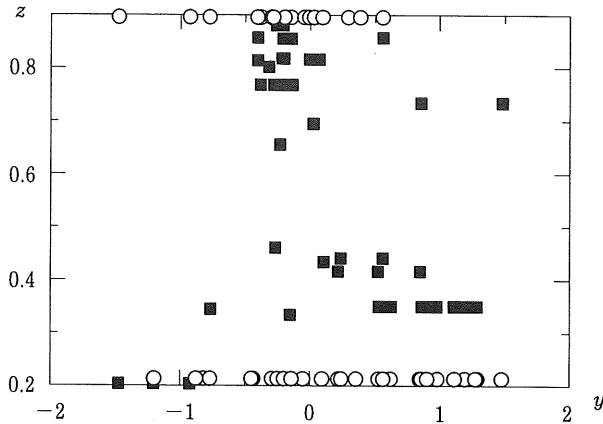


図1：ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロによって得られた写像

図1は、ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロによって得られた写像を示している。ここで、■は写像された重量の値であり、○は写像されたサイズの値を表している。

この図から、ノート型パソコンに関する8項目の要因から重量とサイズをはっきり分離できることが分かる。具体的に、消費者は重量が重いほどA4サイズのパソコンを選択し、反対に重量が軽いときはB5サイズのパソコンを選択している。これは、重量が軽いパソコンは持ち運びに便利であり、持ち運ぶためにはサイズが小さいパソコンの方が良いことを表している。

#### 4. お わ り に

本論文では、ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロを用いてノート型パソコンにおける消費者の購買要因を分析した。コンピュータシミュレーションの結果から、ノート型パソコンに関する8項目をカテゴリとすることでパソコンの重量とサイズが分離できることが分かった。今後の課題は、販売

ファジィ数量化理論Ⅱ類を行うファジィ・ニューロを用いた……

前後の消費者の行き来調査を行い、ノート型パソコンを買い換える際の販売要因構造の分析を行うことである。

#### 参 考 文 献

- [ 1 ] 寺野寿郎, 浅居喜代治, 菅野道夫. (1987). ファジィシステム入門. オーム社.
- [ 2 ] 武藤佳恭. (1996). ニューラルネットワーク. 産業図書.
- [ 3 ] 奥原浩之, 田中稔次朗, 坂和正敏. (2002). ファジィ数量化理論Ⅱ類を用いた農作物の栽培環境評価・品質選定システム, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J85-A, No. 8, pp. 887-894.
- [ 4 ] J. Shibata, K. Okuhara, S. Shiode, H. Ishii and J. Yamada. (2006). Analysis of Product Selection for Personal Computer Sales Data Logit Model, The Proceedings of Korea-Japan Workshop on Effective Evaluation for Management using Quantitative Methods Hankuk Aviation University, Korea. pp. 53-57.