JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

| | |
|---|---|
| Title | 感性評価データのファジィ数量化 |
| Author(s) | 中森，義輝；領家，美奈 |
| Citation | 日本ファジィ学会誌，13(5)：94-101 |
| Issue Date | 2001-10-15 |
| Type | Journal Article |
| Text version | publisher |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/7960 |
| Rights | Copyright (C) 2001 日本知能情報ファジィ学会．中森義輝，領家美奈，日本ファジィ学会誌，13(5)，2001，94-101．本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである． |
| Description | |

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

Japan Society for Fuzzy Theory and Systems

日本ファジィ学会誌 Vol.13, No.5, pp.514-521(2001)

論文

# 感性評価データのファジィ数量化

中森 義輝・領家 美奈

感性的な評価から得られる半ば質的な三相構造のデータを用いた数量化手法を提案する。平均データから導出される平均モデルを構築したのちに，モデルのパラメータ空間に全個人データを写像し，その散布情報を用いてパラメータ空間にファジィ部分集合を定義する。これは，従来のファジィ統計解析，ファジィ数量化手法とは異なる新しい発想である。本論文では，数量化理論Ⅰ類にこのアプローチを適用し，新しいファジィ数量化法を提案するとともに，感性評価値からデザイン要素の組み合わせを推論する方法について考察する。

キーワード：感性評価，回帰分析，数量化理論，近似推論

## 1 はじめに

ファジィ数量化手法については既に多くの研究がなされている。たとえば，和多田によるファジィ数量化理論[1]は，特徴項目・カテゴリーへの各対象の適合性がメンバシップ値で与えられていることを想定した理論である。一方，文献[2]では，田中らのファジィ回帰分析手法[3][4]を数量化理論Ⅰ類に拡張する方法を論じている。

後者のアプローチは，データ空間においてファジィ集合を導入し，その情報に基づきモデルのファジィパラメータを同定するものである。その際，メンバシップ関数の形状決定と，考慮するレベル集合の指定という2個所においてモデラーの主観が要求される。また，問題は線形計画問題として定式化されるため，極端な結果が導かれる可能性がある。

本稿では，三相構造のいわゆる感性評価データに対して，モデルのパラメータ空間において直接ファジィ集合を定義する方法を議論する。これは，中森らの感性評価データに対するファジィ回帰モデル[5]の直接的応用である。ただし，感性評価値からデザインの推論を容易に行うために，ファジィ集合はカテゴリーごとに定義する。

まず，田中らのファジィ回帰分析の一つの拡張としてのファジィ数量化理論Ⅰ類モデル[2]を紹介する(方法1とする)。つぎに，中森らのファジィ回帰分析[5]の拡張としてのファジィ数量化理論Ⅰ類モデルを提案する（方法2とする)。

また，両者を比較検討するために，ある実験例を用いてデザイン要素のファジィ推論を実行する。結果に大きな違いはないが，後者の方法は計算が容易であるとともに，感性評価データにおける個人差をパラメータ空間においてもある意味で保存できることから，個人差の大きい感性評価データの分析に適していると言える。

Fuzzy Quantification of Subjective Data
Yoshiteru NAKAMORI and Mina RYOKE
北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科

## 2 デザインと感性評価の関係

数量化理論Ⅰ類[6][7]は，名義尺度あるいは順序尺度による質的な要因に関する情報に基づいて，間隔尺度あるいは比例尺度により量的に測定された外的基準（目的変数）の値を説明あるいは予測するための手法である。ただし，感性評価値からデザイン要素の組み合わせの推測（一般に逆推論と呼ばれる）に利用されることが多く，カテゴリー評点の相対的な大きさを求めることが分析の主要な目的である。

### 2.1 データ構造

商品の評価であれば「見栄えがする」「豪華な」，環境の評価であれば「快適である」「自然とのふれあいを感じる」，また，人間の評価であれば「頼もしい」「愉快な」などという言葉をここでは感性ワードと呼ぶ。厳密にはワードではないが，感性ワードとは主観的評価尺度である。商品，地域，人間などの対象に対する感性ワードによる主観的・感覚的な評価値をここでは感性データと呼ぶ。通常は5段階評価値などの極めてあいまいな数値である。

本稿では感性データを $y_{mnk}$ と表わす。ただし，$m=1, 2, \cdots, M$ は評価対象，$n=1, 2, \cdots, N$ は感性ワード，$k=1, 2, \cdots, K$ は評価者を示している。また，対象の物理的特性，あるいはデザイン要素をダミー変数 $\delta_{mij}$ を用いて表わす。ただし，$i=1, 2, \cdots, I$ はアイテム，$j=1, 2, \cdots, C_i$ はアイテム $i$ のカテゴリーを示している。ここに，



NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and Systems



$$\delta_{mij}=0 \text{ or } 1,\ \sum_{j=1}^{C_i}\delta_{mij}=1 \tag{1}$$

である。

### 2.2 平均データによるモデル

まず，感性データを評価者について平均したデータ

$$y_{mn}=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}y_{mnk} \tag{2}$$

によりモデルを構築する。ここで，平均データベクトルを

$$\boldsymbol{y}_n=(y_{1n},\ y_{2n},\ \cdots,\ y_{Mn})^t \tag{3}$$

評価者 $k$ のデータベクトルを

$$\boldsymbol{y}_{nk}=(y_{1nk},\ y_{2nk},\ \cdots,\ y_{Mnk})^t \tag{4}$$

とおく。

数量化理論Ⅰ類モデルはダミー変数の線形式により外的基準（感性ワード）の値を予測する。

$$\hat{y}_{mn}=\hat{a}_{0n}+\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{C_i}\hat{a}_{ijn}\ \delta_{mij} \tag{5}$$

すなわち，アイテム $i$ のカテゴリー $j$ に $\hat{a}_{ijn}$ という数量（カテゴリー評点）を与え，各評価対象 $m$ に対しては，その評価対象が持つカテゴリーに対する評点 $\hat{a}_{ijn}$ を加え合わせた数量（総合評点）を与える。

### 2.3 カテゴリー評点の推定と標準化

カテゴリー評点は最小2乗法により同定する。すなわち，

$$Q=\sum_{m=1}^{M}\left\{y_{mn}-a_{0n}-\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{C_i}a_{ijn}\delta_{mij}\right\}^2 \tag{6}$$

を最小化する $a_{ijn}=\hat{a}_{ijn}$ を求める。

最適性の条件から $\sum_{i=1}^{I}C_i+1$ 元連立方程式（正規方程式）が導かれるが，

$$\sum_{j=1}^{C_i}\delta_{mij}=1,\ i=1,\ 2,\ \cdots,\ I \tag{7}$$

という $I$ 個の拘束条件が存在するため，正規方程式を解くためには，各アイテムの最後のカテゴリーに対する方程式を消去し，同時に対応するカテゴリー評点 $a_{iC_in}$ を0とおいて $\sum_{i=1}^{I}C_i+1-I$ 元の連立方程式を解いて $\hat{a}_{ijn}$ を求める。

ここで，以下のようなベクトルと行列を導入する。

$$\boldsymbol{a}_{in}=(a_{i1n},\ \cdots,\ a_{i(C_i-1)n})^t \tag{8}$$

$$H_{in}=\begin{pmatrix}\delta_{1i1} & \cdots & \delta_{1i(C_i-1)}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \delta_{Mi1} & \cdots & \delta_{Mi(C_i-1)}\end{pmatrix} \tag{9}$$

ここで，$\sum_{i=1}^{I}C_i+1-I$ 次元列ベクトル

$$\boldsymbol{a}_n=(a_{0n},\ \boldsymbol{a}_{1n}^t,\ \boldsymbol{a}_{2n}^t,\ \cdots,\ \boldsymbol{a}_{In}^t)^t \tag{10}$$

および $M\times(\sum_{i=1}^{I}C_i+1-I)$ 行列

$$H_n=(\mathbf{1}_M,\ H_{1n},\ \cdots,\ H_{In}),\ \mathbf{1}_M=(1,\ \cdots,\ 1)^t \tag{11}$$

を用いれば，評価規範(6)式は

$$Q=\|\boldsymbol{y}_n-H_n\boldsymbol{a}_n\|^2 \tag{12}$$

と表すことができる。$Q$ を最小化する $\boldsymbol{a}_n$ は $H_n^tH_n$ が正則であれば

$$\hat{\boldsymbol{a}}_n=(H_n^tH_n)^{-1}H_n^t\boldsymbol{y}_n \tag{13}$$

と求めることができる。ただし，

$$\hat{a}_{iC_in}=0,\ i=1,\ 2,\ \cdots,\ I \tag{14}$$

ここで，各アイテム内のカテゴリー評点 $a_{ijn}$ の原点は任意であるから，通常はアイテム内の平均が0，すなわち，総和が0

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{C_i}a_{ijn}\delta_{mij}=0,\ i=1,\ 2,\ \cdots,\ I \tag{15}$$

を満たすように標準化する。そこで，1つの解 $\{\hat{a}_{ijn}\}$ が得られたとすると，

$$a'_{ijn}=\hat{a}_{ijn}-\frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{C_i}\hat{a}_{ijn}\delta_{mij} \tag{16}$$

と変換する。

## 3 ファジィ回帰分析の応用（方法1）

感性評価の個人差を評価者集団全体の持つファジィネスであると考え，カテゴリー評点をファジィ数で与えることを試みる。本節では，感性データ空間においてファジィ数を同定し，ファジィ回帰分析手法[3]を拡張利用してファジィ・カテゴリー評点を導出する。

### 3.1 ファジィ数の導入

ここでは，外的基準データを三角型ファジィ数で与えることを考える。

$$\{\tilde{Y}_{1n},\ \tilde{Y}_{2n},\ \cdots,\ \tilde{Y}_{Mn}\},\ n=1,\ 2,\ \cdots,\ N \tag{17}$$


NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and Systems



$\tilde{Y}_{mn}$のメンバシップ関数を感性データを用いてつぎのように定義する。

$$\mu\tilde{Y}_{mn}(y)=\max\left\{0,\ 1-\frac{|y-y_{mn}|}{z_{mn}}\right\} \tag{18}$$

ただし，$y_{mn}$，$z_{mn}$は以下のように定義する。

$$y_{mn}=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}y_{mnk},\quad z_{mn}=c_n s_{mn} \tag{19}$$

$c_n(>0)$は設計パラメータであるが，本稿の数値例では1としている。また，$s_{mn}$は次式で与える。

$$s_{mn}^2=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}(y_{mnk}-y_{mn})^2 \tag{20}$$

以下では，三角型ファジィ数 $\tilde{Y}_{mn}$をつぎのように表す。

$$\tilde{Y}_{mn}=\langle y_{mn},\ z_{mn}\rangle \tag{21}$$

$\tilde{Y}_{mn}$の $\alpha$-レベル集合はつぎのような閉区間となる。

$$[\tilde{Y}_{mn}]\alpha=[y_{mn}^l,\ y_{mn}^r] \tag{22}$$

ただし，

$$y_{mn}^l=y_{mn}-(1-\alpha)z_{mn} \tag{23}$$

$$y_{mn}^r=y_{mn}+(1-\alpha)z_{mn} \tag{24}$$

### 3.2 ファジィ数量化理論Ⅰ類モデル

ファジィ数量化理論Ⅰ類モデルはダミー変数の線形式により外的基準の値の可能性分布を予測する。したがって，基本的にはファジィ線形回帰モデルである。

$$\hat{Y}_{mn}=\sum_{i=0}^{I}\sum_{j=1}^{C_i}\tilde{A}_{ijn}\delta_{mij} \tag{25}$$

すなわち，アイテム $i$ のカテゴリー $j$ に

$$\tilde{A}_{ijn}=\langle a_{ijn},\ e_{ijn}\rangle \tag{26}$$

というファジィ数量を与え，各対象 $m$ に対しては，その対象が持つカテゴリーに対する評点 $\tilde{A}_{ijn}$を加え合わせたファジィ数量を与える。ただし，上のモデルでは

$$\tilde{A}_{0jn}=\langle a_{0jn},\ e_{0jn}\rangle,\ C_0=1,\ \delta_{m0c_0}=1 \tag{27}$$

として定数項を見かけ上消している。

このとき，

$$\hat{Y}_{mn}=\langle p_{mn},\ q_{mn}\rangle \tag{28}$$

とすれば，拡張原理[8]から

$$p_{mn}=\sum_{i=0}^{I}\sum_{j=1}^{C_i}a_{ijn}\delta_{mij} \tag{29}$$

$$q_{mn}=\sum_{i=0}^{I}\sum_{j=1}^{C_i}e_{ijn}\delta_{mij} \tag{30}$$

と計算される。

### 3.3 ファジィ・カテゴリー評点の推定

ファジィ回帰分析と同様にして，以下のような線形計画問題を解くことにより，ファジィ・カテゴリー評点

$$\tilde{A}_{ijn}=\langle a_{ijn},\ e_{ijn}\rangle \tag{31}$$

を求める。ただし，$a_{ijn}$の値を，平均データを用いた数量化理論Ⅰ類モデルのカテゴリー評点 $\hat{a}_{ijn}$によりあらかじめ与えておく。

したがって，つぎの線形計画問題を解いて $e_{ijn}$の推定値 $\hat{e}_{ijn}$を求める。

$$\text{Minimize}\quad \sum_{m=1}^{M}q_{mn}$$

$$\text{subject to}\quad \begin{cases} p_{mn}-(1-\alpha)q_{mn}\le y_{mn}^l,\ m=1,\ 2,\ \cdots,\ M \\ p_{mn}+(1-\alpha)q_{mn}\ge y_{mn}^r,\ m=1,\ 2,\ \cdots,\ M \\ e_{ijn}\ge 0,\ i=0,\ 1,\ \cdots,\ I\ ;\ j=1,\ 2,\ \cdots,\ C_i \end{cases}$$

すなわち，$\alpha$-レベルにおいて

$$[\tilde{Y}_{mn}]\alpha\subset[\hat{Y}_{mn}]\alpha \tag{32}$$

を満たすような $\hat{Y}_{mn}$で，拡がりの和がもっとも小さくなるように $\hat{e}_{ijn}$を求めようという考え方[3]である。

### 3.4 ファジィ・カテゴリー評点の基準化

感性評価からデザイン要素の推論（逆推論）を行うために，カテゴリー評点の基準化を行う。

まず，アイテム内のカテゴリー評点の平均は0になるように標準化する。すなわち，(16)式のように

$$a'_{ijn}=\hat{a}_{ijn}-\frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{C_i}\hat{a}_{ijn}\delta_{mij} \tag{33}$$

さらに，デザイン要素の推論のために $a'_{ijn}$の範囲と $\hat{e}_{ijn}$の総和

$$r_{in}=\max_j\{a'_{ijn}\}-\min_j\{a'_{ijn}\},\quad t_{in}=\sum_{j=1}^{C_i}\hat{e}_{ijn} \tag{34}$$

を用いて基準化する。



NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and Systems



$$a^*_{ijn}=\frac{a'_{ijn}}{r_{in}},\quad e^*_{ijn}=\frac{\hat{e}_{ijn}}{t_{in}} \tag{35}$$

ただし，$r_{in}=0$の場合は$a^*_{ijn}=0$, $^\forall j$, また，$t_{in}=0$の場合は$e^*_{ijn}=0$, $^\forall j$とする。

推論で用いるファジィ・カテゴリー評点は

$$\tilde{A}^*_{ijn}=\langle a^*_{ijn},\ e^*_{ijn}\rangle \tag{36}$$

$$\mu_{\tilde{A}^*_{ijn}}(a)=\max\left\{0,\ 1-\frac{|a-a^*_{ijn}|}{e^*_{ijn}}\right\} \tag{37}$$

と与えられる。

### 3.5 方法1の具体例

30人の評定者に対して，40枚のシステムキッチンのスライドを見せ，いくつかの感性ワード対を用いて評価してもらった。感性評価はOsgoodによるSemantic Differential Technique (SD法) [9][10]を用いた。本稿では以下の3つのワード対について検討する。なお，感性ワード対の左側のワードに対して7段階評価{−3, −2, −1, 0, 1, 2, 3}されたものとみなして分析を行っている。

自然な ⟷ 人工的な
ゆったりしている ⟷ きゅうくつそう
さわやかな ⟷ さわやかでない

「自然な」に対する方法1によるファジィ・カテゴリー評点を表1に示す。表1では$\langle a,\ e\rangle$を$[a-e,\ a+e]$と表示している。$\alpha$の値が大きくなるとファジィ数の幅が小さくなるという単調性は見られない。また，ファジィ数の幅が0となる評点も存在する。このように，線形計画問題に帰着させると，直感と一致しない結果を得ることがある。

## 4 提案法（方法2）

本節では，中森らのファジィ回帰分析[5]の拡張としてのファジィ数量化理論I類モデルを提案する。これは，平均データによるカテゴリー評点を求め，ある変換式により個人データを評点空間に写像し，写像データを用いてファジィ・カテゴリー評点を導出するものである。

### 4.1 評価者データの写像

ここでは(25)式のようなファジィ線形回帰モデルを異なる方法で同定する。まず，(13)式の$\hat{\boldsymbol{a}}_n$を用いて

$$\hat{\boldsymbol{y}}_n=H_n\hat{\boldsymbol{a}}_n \tag{38}$$

$$\hat{\boldsymbol{e}}_n=\boldsymbol{y}_n-\hat{\boldsymbol{y}}_n \tag{39}$$

とおく。次式により評価者の個人データを評点空間に写像する。

$$\hat{\boldsymbol{a}}_{nk}=(H_n^tH_n)^{-1}H_n^t(\boldsymbol{y}_{nk}-\hat{\boldsymbol{e}}_n) \tag{40}$$

ただし，$\boldsymbol{y}_n$, $\boldsymbol{y}_{nk}$はそれぞれ(3)式，(4)式によって定義された平均データベクトルと評価者$k$のデータベクトルである。また，

$$\hat{a}_{iC_ink}=0,\quad i=1,\ 2,\ \cdots,\ I\ ;\ k=1,\ 2,\ \cdots,\ K \tag{41}$$

とおく。

変換式(40)は以下のような特徴を持っている。

1．評価者全員のカテゴリー評点の平均は，平均デ

**表1**：「自然な」に対する方法1によるファジィ・カテゴリー評点

| アイテム | カテゴリー | 基準化ファジィ・カテゴリー評点 $\alpha=0.2$ | $\alpha=0.5$ | $\alpha=0.8$ |
|---|---|---|---|---|
| レイアウト | 1型または2型 | [−0.297, 0.190] | [−0.271, 0.165] | [−0.196, 0.089] |
| | L型 | [ 0.110, 0.552] | [ 0.136, 0.527] | [ 0.237, 0.426] |
| | アイランド型 | [−0.129, 0.382] | [−0.180, 0.432] | [−0.354, 0.606] |
| | L型＋カウンター | [−0.949, −0.389] | [−0.950, −0.388] | [−0.952, −0.385] |
| 壁の色 | 白 | [−0.494, 0.284] | [−0.487, 0.277] | [−0.470, 0.259] |
| | 茶 | [ 0.203, 1.022] | [ 0.246, 0.979] | [ 0.276, 0.949] |
| | 青 | [−0.590, −0.185] | [−0.639, −0.136] | [−0.686, −0.089] |
| | その他 | [−0.241, −0.241] | [−0.241, −0.241] | [−0.241, −0.241] |
| ユニット扉の色 | 焦げ茶 | [−0.419, 0.354] | [−0.410, 0.344] | [−0.422, 0.356] |
| | 茶 | [ 0.069, 0.706] | [ 0.086, 0.690] | [ 0.104, 0.671] |
| | 薄茶 | [ 0.219, 0.809] | [ 0.193, 0.835] | [ 0.187, 0.842] |
| | 白 | [−0.486, −0.486] | [−0.486, −0.486] | [−0.486, −0.486] |
| 部屋のタイプ | ダイニングキッチン | [ 0.525, 0.525] | [ 0.525, 0.525] | [ 0.525, 0.525] |
| | キッチン | [−1.475, 0.525] | [−1.475, 0.525] | [−1.475, 0.525] |


NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and Systems



ータによるカテゴリー評点に一致する。すなわち，

$$\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}\hat{\boldsymbol{a}}_{nk}=\hat{\boldsymbol{a}}_n \tag{42}$$

2．感性データにおける評価者間の分散共分散構造は，評点空間においてもつぎのような意味で保存される。

$$\|\boldsymbol{y}_{nk}-\boldsymbol{y}_n\|H_n(H_n^tH_n)^{-1}H_n^t=\|\hat{\boldsymbol{a}}_{nk}-\hat{\boldsymbol{a}}_n\|H_n^tH_n \tag{43}$$

### 4.2 ファジィ・カテゴリー評点

ここで，

$$a'_{ijnk}=\hat{a}_{ijnk}-\frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{C_i}\hat{a}_{ijnk}\delta_{mij} \tag{44}$$

と変換する。つぎに，$K$ 人の評価者のカテゴリー評点 $a'_{ijn1}$, $a'_{ijn2}$, …, $a'_{ijnK}$に基づいて，ファジィ集合 $\tilde{A}_{ijn}$をメンバシップ関数

$$\mu_{\tilde{A}_{ijn}}(a)=\max\left\{0,\ 1-\frac{|a-a'_{ijn}|}{\hat{e}_{ijn}}\right\} \tag{45}$$

によって定義する。ただし，$a'_{ijn}$, $\hat{e}_{ijn}$は以下のように与える。

$$a'_{ijn}=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}a'_{ijnk},\quad \hat{e}_{ijn}=c_ns_{ijn} \tag{46}$$

$c_n(>0)$は設計パラメータで，$s_{ijn}$は次式で与える。

$$s^2_{ijn}=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}(a'_{ijnk}-a'_{ijn})^2 \tag{47}$$

さらに，デザイン要素の推論のために $a'_{ijn}$の範囲と $\hat{e}_{ijn}$の総和

$$r_{in}=\max_j\{a'_{ijn}\}-\min_j\{a'_{ijn}\},\quad t_{in}=\sum_{j=1}^{C_i}\hat{e}_{ijn} \tag{48}$$

を用いて基準化する。

$$a^*_{ijn}=\frac{a'_{ijn}}{r_{in}},\quad e^*_{ijn}=\frac{\hat{e}_{ijn}}{t_{in}} \tag{49}$$

ただし，$r_{in}=0$の場合は $a^*_{ijn}=0$, $\forall j$, また，$t_{in}=0$の場合は $e^*_{ijn}=0$, $\forall j$ とする。

推論で用いるファジィ・カテゴリー評点は

$$\tilde{A}^*_{ijn}=\langle a^*_{ijn},\ e^*_{ijn}\rangle \tag{50}$$

$$\mu_{\tilde{A}^*_{ijn}}(a)=\max\left\{0,\ 1-\frac{|a-a^*_{ijn}|}{e^*_{ijn}}\right\} \tag{51}$$

と与えられる。ただし，基準化によって(46)式で導入した $c_n$は消去されている。

### 4.3 方法2の具体例

「自然な」に対する方法2によるファジィ・カテゴリー評点を表2に示す。方法1の結果（表1）と比較すれば，カテゴリー評点の相対的な位置はそれほど異なるものではないが，感性データにおけるばらつきがある程度保存されているため，評点に幅が存在する。

## 5 デザイン要素のファジィ推論

ファジィ数量化理論Ⅰ類により得られたファジィ・カテゴリー評点を用いて，複数の感性ワードによる評価値からデザイン要素の組み合わせを推論する方法を検討する。

**表2**：「自然な」に対する方法2によるファジィ・カテゴリー評点

| アイテム | カテゴリー | 基準化ファジィ・カテゴリー評点 |
|---|---|---|
| レイアウト | 1型または2型 | [−0.317, 0.211] |
| | L型 | [ 0.138, 0.525] |
| | アイランド型 | [−0.073, 0.326] |
| | L型＋カウンター | [−1.011, −0.326] |
| 壁の色 | 白 | [−0.181, −0.029] |
| | 茶 | [ 0.399, 0.826] |
| | 青 | [−0.713, −0.062] |
| | その他 | [−0.627, 0.144] |
| ユニット扉の色 | 焦げ茶 | [−0.249, 0.183] |
| | 茶 | [ 0.203, 0.573] |
| | 薄茶 | [ 0.183, 0.845] |
| | 白 | [−0.754, −0.218] |
| 部屋のタイプ | ダイニングキッチン | [ 0.000, 1.050] |
| | キッチン | [−0.950, 0.000] |


NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and Systems



### 5.1 ファジィ数の大小関係

ファジィ数の大小関係に関する尺度は数多く提案されているが[11]，ここでは，以下のような単純な考え方で最大・最小ファジィ数を求める。

1．$\tilde{A}>\tilde{B} \Longleftrightarrow \inf \tilde{A} \geq \inf \tilde{B}$，$\sup \tilde{A} \geq \sup \tilde{B}$
2．$\tilde{A}<\tilde{B} \Longleftrightarrow \inf \tilde{A} \leq \inf \tilde{B}$，$\sup \tilde{A} \leq \sup \tilde{B}$
3．$\tilde{A} \sim \tilde{B} \Longleftrightarrow$ 上記以外

ただし，

$$\tilde{A}=\langle a,\ e\rangle \tag{52}$$

とするとき

$$\inf \tilde{A}=a-e,\ \sup \tilde{A}=a+e \tag{53}$$

である。ここで，3.は明確に大小関係が判定できないケースであり，推論においては判定を保留するものとする。

### 5.2 感性評価からデザインの推論

いま，$N'$個の感性ワードで希望が表明されたとする。推論は，アイテム・カテゴリー$i,j$ごとに，基準化されたカテゴリー評点の中心値が最小の感性ワードを採用し，その中からアイテム$i$ごとに最も大きなファジィ・カテゴリー評点を持つカテゴリーを選択する。ここで，大小関係の判定が保留されている場合は，複数のデザイン要素を提示するものとする。

まず，各アイテム・カテゴリー$i,j$ごとに

$$B^*_{ij}=\{\tilde{A}^*_{ijn} | a^*_{ijn} \leq a^*_{ijn'},\ ^\forall n'\} \tag{54}$$

を求める。ただし，$B^*_{ij}$には複数のファジィ数が含まれうる。そこで，複数の$n$が存在するときは$e^*_{ijn}$が最大のものを選ぶ。こうしても複数のファジィ数が存在する可能性はある。

つぎに，先に導入したファジィ数の比較法を用いて，ファジィ集合の集合

$$B^*_i=\{B^*_{i1},\ B^*_{i2},\ \cdots,\ B^*_{iC_i}\} \tag{55}$$

の中から最大のファジィ数に対応するカテゴリー$j$をアイテム$i$のデザイン要素とする。ここでも，複数のカテゴリーが選ばれることがある。

### 5.3 具体例による方法1と2の比較

まず，方法1によるデザイン要素（カテゴリー）のファジィ推論結果を紹介する。「さわやか」で「ゆったりしている」システムキッチンを希望すれば，$\alpha=0.5$の場合，表3が得られる。壁の色は「白」と「茶」の2つが選択されている（✓で示す）。なお，表では$B^*_i$の要素を，たとえば＊[−0.280，0.088]＊と表わしている。

表4に方法2によるデザイン要素のファジィ推論の結果を示す。選択されるデザイン要素は同じものが得られているが，方法1と比較すると，ファジィ数の幅が0であるデザイン要素がなくなっていることがわかる。

## 6 おわりに

感性ワードとデザイン要素とのソフトな対応モデルの構築法と，デザイン要素のファジィ推論法を提案した。結局，どこでファジィ集合を定義するかという問題に帰着するのであるが，もともとデータ自身はファジィ数として与えられているわけではなく，評価者全体としての評価のあいまいさをどうモデル化するかと

**表3**：方法1によるデザイン要素のファジィ推論

| アイテム | カテゴリー | 基準化ファジィ・カテゴリー評点 さわやか | 基準化ファジィ・カテゴリー評点 ゆったり | 選択 ✓ |
|---|---|---|---|---|
| レイアウト | 1型または2型 | ＊[−0.280, 0.088]＊ | [−0.755, 0.681] | |
| | L型 | [−0.056, 0.507] | ＊[−0.096, 0.310]＊ | |
| | アイランド型 | ＊[ 0.101, 0.594]＊ | [ 0.325, 0.482] | ✓ |
| | L型＋カウンター | ＊[−0.940, −0.364]＊ | [−0.597, −0.597] | |
| 壁の色 | 白 | [−0.340, 0.399] | ＊[−0.527, 0.574]＊ | ✓ |
| | 茶 | [ 0.023, 0.723] | ＊[−0.315, 0.172]＊ | ✓ |
| | 青 | ＊[−0.740, −0.180]＊ | [−0.431, −0.431] | |
| | その他 | ＊[−0.627, −0.627]＊ | [ 0.363, 0.774] | |
| ユニット扉の色 | 焦げ茶 | ＊[−0.903, −0.084]＊ | [−0.410, −0.049] | |
| | 茶 | ＊[−0.196, −0.196]＊ | [−0.361, 0.311] | |
| | 薄茶 | ＊[ 0.258, 0.755]＊ | [ 0.287, 1.254] | ✓ |
| | 白 | [ 0.012, 0.698] | ＊[−0.050, −0.050]＊ | |
| 部屋のタイプ | ダイニングキッチン | [ 0.525, 0.525] | ＊[−0.011, 1.061]＊ | ✓ |
| | キッチン | [−0.475, −0.475] | ＊[−0.939, −0.011]＊ | |


NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and Systems



**表4**：方法2によるデザイン要素のファジィ推論

| アイテム | カテゴリー | 基準化ファジィ・カテゴリー評点 さわやか | 基準化ファジィ・カテゴリー評点 ゆったり | 選択 ✓ |
|---|---|---|---|---|
| レイアウト | 1型または2型 | *[−0.313, 0.122]* | [−0.295, 0.220] | |
| | L型 | [0.096, 0.355] | *[−0.032, 0.247]* | |
| | アイランド型 | *[0.066, 0.629]* | [0.083, 0.724] | ✓ |
| | L型＋カウンター | *[−1.024, −0.281]* | [−0.879, −0.314] | |
| 壁の色 | 白 | [−0.023, 0.083] | *[−0.042, 0.090]* | ✓ |
| | 茶 | [0.190, 0.556] | *[−0.268, 0.124]* | ✓ |
| | 青 | [−0.821, 0.099] | *[−0.837, −0.026]* | |
| | その他 | *[−1.030, −0.224]* | [0.236, 0.901] | |
| ユニット扉の色 | 焦げ茶 | *[−0.718, −0.269]* | [−0.482, 0.024] | |
| | 茶 | [0.409, 0.017] | *[−0.227, 0.177]* | |
| | 薄茶 | *[0.244, 0.769]* | [0.430, 1.112] | ✓ |
| | 白 | [0.055, 0.655] | *[−0.253, 0.154]* | |
| 部屋のタイプ | ダイニングキッチン | *[0.000, 1.050]* | *[0.000, 1.050]* | ✓ |
| | キッチン | *[−0.950, 0.000]* | *[−0.950, 0.000]* | |

いうことであった。

感性データの空間でファジィ集合を定義する場合，

1．一つには，拡張原理に基づくファジィ数の四則演算の結果が必ずしも直感と合わないという指摘が少なからずあること，

2．また，線形計画法による最適化においては感性データ空間からパラメータ空間へのあいまいさの伝搬が必ずしも均質ではないこと，

などという不安がある。

一方，本稿における提案のように個人の感性データを写像した後でファジィ集合を定義する場合は，

1．拡張原理に基づくファジィ数の四則演算を用いるという不安はなく，計算も非常に簡単であること，

2．さらに，本稿の場合のような三相データに対してはパラメータ空間において個人差を扱える

などという効用がある。

## 参考文献


[1] 和多田淳三：ファジィ数量化理論．ファジィシステム入門（寺野他編），オーム社，pp. 99-118，1987.

[2] 中森義輝：感性データ解析-感性情報処理のためのファジィ数量分析手法．194p.，森北出版，2000.

[3] H. Tanaka, S. Uejima and K. Asai: Linear regression analysis with fuzzy model. *IEEE Trans. on Syst. Man and Cybern.*, Vol. SMC-12, No. 6, pp. 903-907, 1982.

[4] 田中英夫：ファジィモデリングとその応用．システム制御情報学会編，朝倉書店，1990.

[5] 中森義輝・領家美奈：感性評価データに対するファジィ回帰モデル．日本ファジィ学会誌，第12巻，第1号，pp. 127-132，2000.

[6] C. Hayashi: On the prediction of phenomena for quantitative data and the quantification of qualitative data from the mathematico-statistical point of view. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, Vol. 3, pp. 121-143, 1952.

[7] 林知己夫：数量化の方法．東洋経済新報社，1974.

[8] L. A. Zadeh: The concept of a linguistic variables and its application to approximate reasoning, part 1. *Information Sciences*, Vol. 8, pp. 199-249, 1975.

[9] C. E. Osgood, G. J. Suci and P. H. Tannenbaum: *The Measurement of Meaning*. Univ. of Illinois Press, 1957.

[10] 岩下豊彦：SD法によるイメージの測定—その理解と実施の手引き．川島書店，1983.

[11] G. Bortolan and R. Degani: A review of some methods for ranking fuzzy subsets. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 15, pp. 1-19, 1985.


(2001年5月8日 受付)
(2001年8月23日 採録)

[問い合わせ先]
〒923-1292 石川県能美郡辰口町旭台1-1
北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科
中森 義輝
TEL：0761-51-1755
FAX：0761-51-1149
E-mail：nakamori@jaist.ac.jp

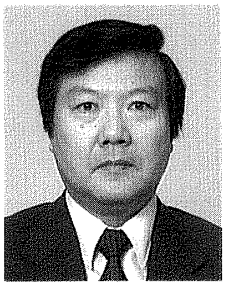


NII-Electronic Library Service

Japan Society for Fuzzy Theory and Systems




## 著者紹介



**中森 義輝**（なかもり よしてる）［正会員］

北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科

1979年京都大学大学院工学研究科数理工学専攻博士課程修了。工学博士。甲南大学理学部応用数学科勤務を経て，1998年4月より北陸先端科学技術大学院大学教授。1984年10月より1985年11月まで，国際応用システム解析研究所研究員。1986年4月より環境庁国立環境研究所客員研究員。1992年9月より大連理工大学客員教授兼務。日本ファジィ学会，計測自動制御学会，環境科学会，IEEEなどの会員。

**領家 美奈**（りょうけ みな）［正会員］

北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科

1998年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻制御工学分野博士後期課程修了。博士(工学)。1998年4月より北陸先端科学技術大学院大学助手。2001年6月より1年間の予定で国際応用システム解析研究所研究員。1993年度日本ファジィ学会論文賞，1999年度システム制御情報学会学会賞奨励賞受賞。日本ファジィ学会，システム制御情報学会，環境科学会会員。


# Fuzzy Quantification of Subjective Data

by

**Yoshiteru Nakamori and Mina Ryoke**


**Abstract**:

A technique of quantifying three-way data obtained from subjective evaluation is proposed. Fuzzy subsets are defined in the model parameter space by mapping all personal data into the parameter space after the average model from the average data is constructed. This is a new approach that differs from the traditional fuzzy statistical analysis including the fuzzy quantification techniques. In this paper, this technique is applied to the quantification method of type 1, and a new type of quantification model is proposed. The method of inferring the combination of design elements from evaluations is also considered based on the obtained fuzzy quantification model.


**Keyword**: Subjective evaluation, regression analysis, quantification theory, approximate reasoning.


Contact Address: **Yoshiteru Nakamori**
*Japan Advanced Institute of Science and Technology*
*1-1 Asahidai, Tatsunokuchi, Ishikawa 923-1292, Japan*
TEL : 0761-51-1755
FAX : 0761-51-1149
E-mail : nakamori@jaist.ac.jp




NII-Electronic Library Service