

## ラフ集合による個人嗜好対応型献立作成の提案

加島 智子, 石井 博昭  
大阪大学 大学院情報科学研究科

要旨：近年の食生活の変化に伴う生活習慣病に対して、その予防を目指し、本研究ではラフ集合を用いて個人の嗜好と対応した献立作成の提案を行う。献立は単品料理をいくつか組み合わせることによって、一食分の献立を作成する。すべての料理には、ユーザの嗜好情報、栄養素の所要量と他の料理との相性などの情報を与えており、ユーザの嗜好に合い、かつ栄養バランスの取れた献立を作成する。嗜好のルール抽出にはラフ集合理論によって得る。また、メニュー計画にはファジィ数理論問題によって得る。

### Proposal of an individual taste menu planning by Rough Set Tomoko Kashima, Ishii Hiroaki Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

**Abstract:** Recently, there are lifestyle-related diseases by change in Japanese eating habits. In this research, we discuss the system which used rough set and fuzzy mathematical programming. A menu is created. The menu combines some dishes. All the dishes have information, including a user's taste, a nutrient, the affinity of cooking, etc. The well-balanced menu is created by liking of a user. The rule of taste is obtained by rough-sets theory. Moreover, menu planning can be based on the fuzzy mathematical plan problem.

#### 1. はじめに

近年、生活の洋風化に伴い、日本の食生活は大きく変化してきた。米の消費が減少する一方で、脂質の消費が年々増加し、栄養バランスのくずれから、肥満や糖尿病などの生活習慣病の増加が問題となっている。このような社会背景から、さまざまな栄養バランスに関する研究が行われている。たとえば、江崎グリコ株式会社は栄養成分ナビゲータというシステムを無料で公開している。知りたい栄養成分情報をリアルタイムで取り出すことができるシステムである[1]。しかし、このように各食品の成分値を参照し、摂取した成分値を単に合計するシステムに留まっているものが多く見られる。また、長谷川らによるカメラ付き携帯電話を使って食事の写真を撮ることで栄養管理ができるシステムとして、摂取する食事の画像を栄養士の元にメール送信すれば栄養指導が受けられ栄養管理ができるシステムも開発されている[2]。しかし、これも献立は自らが作成をし、その結果に対してのフィードバックがあるものである。また、栄養士という経験者の知識が必要不可欠なシステムとなっている。一方、倉倉らはファジィ数理論を用いた献立の作成で議

論されている。栄養バランスや料理の相性などを考慮し、一食分の献立を作成している[3]。しかし、食べる立場からの観点が入っていないため、実際の使用には適していない。よって本研究では特にユーザの嗜好を考慮した献立作成を目的としている。嗜好のルール抽出には、近年有用性と有効性が報告されているラフ集合を用いる。多くの消費者により好まれるオーディオ製品の選好デザイン決定ルールを知るためにラフ集合による抽出法が榎本らにより議論されている[4]。他にも車、携帯電話のデザインなど人の感性をとらえる方法としてラフ集合が用いられている[5]。よって、本研究では食の嗜好もラフ集合を用いることによってルール抽出することが可能になると考え、ラフ集合を用いてルール抽出を行う。またここではファジィ数で重みを加えたラフ集合理論を用いる[6]。

#### 2. 個人嗜好対応型の献立作成

献立作成は、ユーザの嗜好だけでなく栄養のバランスを考慮する。まず、ユーザの好きなメニューのルール抽出を行う。ルール抽出はラフ集合により導く。ラフ集合によって導かれた情報は、メ

ニューのデータベースに加える。次に、ファジィ数理計画を用いて栄養のバランスを維持したメニューを考慮する。メニューは、いくつかの単品料理を組み合わせることで献立を作成する。単品料理にはユーザの嗜好情報、各栄養素の情報の値などを持っている。また、各単品料理の相性マトリックスも設定しておく。ユーザの嗜好や栄養素の制約条件を満たしたバランスのよい献立を作成する。

## 2-1. ルール抽出

個人の嗜好を抽出するために、本研究ではラフ集合理論を用いている。まず、各ユーザが各料理に対して付与したメタ情報を用いて嗜好ルールを獲得し、個人嗜好に対応した料理データベースを構築する。この手続きにより、次の献立作成において解探索空間を限定し、実時間での対話を実現している。また、通常のラフ集合では属性値、決定値には離散値を用いる。しかし、ユーザが料理に対して“好き”または“嫌い”と2値で決定することはとても困難である。よって本論文では決定値はファジィ数で表現する。ユーザは各料理に対して0から1の任意の実数値にて嗜好を判断する。まず、基本的なモデルを以下に示す。

$$IS = (U, Q, V, \rho) \quad (1)$$

対象に関するデータは、複数の属性とそれらの値で与えられる。対象に対する属性値データを示した表は情報システム  $IS$  (Information system) と呼ばれる。情報表は4対で定義される。  $U$  はデータベースに含む対象全体の集合、  $Q$  は属性の集合、  $V$  は属性  $q$  の取る値の集合  $V_q$  を用いて、

$V = \bigcup_{q \in Q} V_q$  と定められ、  $\rho : U \times Q \rightarrow V$  は対象  $x$  と属性  $q$  に対して属性  $\rho(x, q) \in V$  を割り当てる関数である。  $Q$  が条件属性集合  $C$  と決定属性集合  $D$  に分割できるとき、決定表と呼ばれる。表1に決定表の例を示す。表1は6種類の単品料理の栄養成分、たんぱく質 (Protein:以降P)、脂質 (Fat:以降F)、エネルギー (Calorie:以降C)、食塩 (Salt:以降S) に関するデータである。これらはユーザがメニューを好きであるか否かを決めるための条件属性と考えられ、嗜好

(Taste) は決定属性と考えられる。この表の場合、  $U = \{m1, m2, \dots, m6\}$ 、  $C = \{P, F, C, S\}$ 、  $D = \{T\}$ 、  $V = \{Few, Lot, yes, no, very\ high, high, normal\}$  である。  $\rho(m1, P) = no$ 、  $\rho(m2, F) = yes$  などのように、  $x$  を行、  $q$  を列に対応させ、求められる表の値により定められる。

表1: 決定表の例

Menu	Protein	Fat	Calorie	Salt	Taste
m1	Few	Few	Very high	Lot	Yes
m2	Few	Lot	High	Lot	Yes
m3	Lot	Few	High	Few	No
m4	Lot	Lot	High	Few	Yes
m5	Few	Few	Very high	Lot	No
m6	Lot	Few	Normal	Few	No

部分集合  $X \subseteq U$  が与えられたとき、同値関係  $R$  による下近似  $\underline{apr}(X)$ 、上近似  $\overline{apr}(X)$  は次のように定義されている。

$$\underline{apr}(X) = \{x \in U \mid [x]_R \subseteq X\} \quad (2)$$

$$\overline{apr}(X) = \{x \in U \mid [x]_R \cap X \neq \emptyset\} \quad (3)$$

ただし、

$$[x]_R = \{y \in U \mid (y, x) \in R\} \quad (4)$$

下近似は属性集合に関する情報により完全に  $X$  の要素と判断できる対象の集合の対象を表し、上近似は属性集合に関する情報により、  $X$  の要素でないと言い切れない対象の集合を現している。この意味で

正領域 (positive region)

$$pos(X) = \underline{apr}(X) \quad (5)$$

負領域 (negative region)

$$neg(X) = U - \overline{apr}(X) \quad (6)$$

境界域 (boundary region)

$$bnd(X) = \overline{apr}(X) - \underline{apr}(X) \quad (7)$$

となる。また、表1の場合  $D = \{T\}$  となり、決定クラスはユーザの好きな料理  $\{m1, m2, m4\}$ 、嫌いな料理  $\{m3, m5, m6\}$  となる。  $X = \{PF\}$  とすると下近似  $= \{m2, m4\}$ 、上近似  $= \{m1, m3, m5, m6\}$ 、  $pos(X) = \{m2, m4\}$ 、  $neg(X) = \{m3, m6\}$ 、  $bnd(X) = \{m1, m5\}$  が得られる。

次に提案モデルを以下に示す。

$$UIS = (U, C, D, V, \rho, \tilde{W}) \quad (8)$$

対象に関するデータは、複数の属性とそれらの値で与えられる。対象に対する属性値データを示した表は情報システム  $IS$  (Information system) と呼ばれる。情報表は4対で定義される。  $U$  はデータベースを含む対象全体の集合、  $C$  は条件属性集合と  $D$  は決定属性集合、  $V$  は属性  $q$  の取る値の集合  $V_q$  を用いて、  $V = \bigcup_{q \in C \cup D} V_q$  と定められ、  $\rho : U \times Q \rightarrow V$  は対象  $x$  と属性  $q$  に対して属性  $\rho(x, q) \in V$  を割り当てる関数、  $\tilde{w}_x = \bigcup_{x \in U} \tilde{w}_x$ 、そして  $\tilde{w}_x$  はメンバシップ関数によって定義されたファジィ数により重要度を示す。また、ここらほどのようにして情報システムの中にラフ集合を用いるかを説明する。  $E, X$  は近似空間が空集合にはならない。新しいモデルを以下に示す。

$$\tilde{c}(E, X) = \frac{\sum_{x \in E} \tilde{w}_x}{\sum_{x \in X} \tilde{w}_x} \quad (9)$$

セット  $X$  に関しては以下に示す。

$$I = E \cap X \quad (10)$$

二つの領域  $\tilde{\beta}_p, \tilde{\beta}_N$  は、正域と負域と呼び、もし  $\tilde{c}(E, X) \geq \tilde{\beta}_p$  ならば  $E$  は  $X$  に含まれる。もし  $\tilde{c}(E, X) \leq \tilde{\beta}_N$  ならば  $E$  は  $X$  に含まれない。これにより、新しい上近似  $\overline{apr}_{\tilde{\beta}_p}(X)$ 、下近似  $\underline{apr}_{\tilde{\beta}_N}(X)$  が定義され、また正領域、負領域、境界域も定義される。

$$\overline{apr}_{\tilde{\beta}_p}(X) = POS_{\tilde{\beta}_p}(x) \quad (11)$$

$$\underline{apr}_{\tilde{\beta}_N}(X) = U - NEG_{\tilde{\beta}_N}(x) \quad (12)$$

$$POS_{\tilde{\beta}_p}(x) = \bigcup \{E \in R_C^* \mid \tilde{c}(E, X) \geq \tilde{\beta}_p\} \quad (13)$$

$$NEG_{\tilde{\beta}_N}(x) = \bigcup \{E \in R_C^* \mid \tilde{c}(E, X) \leq \tilde{\beta}_N\} \sqrt{a^2 + b^2} \quad (14)$$

$$BND_{\tilde{\beta}_p, \tilde{\beta}_N}(x) = \bigcup \{E \in R_C^* \mid \tilde{c}(E, X) \geq \tilde{\beta}_p\} \quad (15)$$

例えば、メニューとユーザの嗜好に関する決定表があります。そこには6つのメニューがあります。また、3つの属性値と決定値から構成されています。

表2. 単品料理とユーザの嗜好

U	C			D
	a1	a2	a3	favorite
m1	1	1	1	0(1.0)
m2	1	2	1	1(0.2)
m3	2	2	2	1(0.1)
m4	2	1	2	0(0.6)
m5	2	2	2	1(0.4)
m6	1	2	1	0(0.8)

表3. 属性値の数値表

Attribute	0	1	2	3	
a1	Kind of cooking	Japanese	European	Chinese	Other
a2	Main materials	Meat	Fish	vegetable	Other
a3	Cooking method	Boil	Burn	Frit	Other

この決定表では、全体集合、  $U = \{m1, m2, \dots, m6\}$  それぞれの要素は単品メニューを表します。単品メニューは属性で分類されます。属性値は  $C = \{a1, a2, a3\}$ 。属性値は分かりやすく表2のように数値で表現します。属性値  $a1$  は料理の種類を表します。日本食の場合は0、洋食の場合は1、中華料理の場合は2、その他の場合は3です。属性値  $a2$  は主な食材を表します。肉の場合は0、魚の場合は1、野菜の場合は2、その他の場合は3です。属性値  $a3$  は料理方法を表します。煮物の場合は0、焼き物の場合は1、炒め物の場合は2、その他の場合は3です。表2の同値関係、下近似、上近似は次に示す。

$$\{\{m1\}, \{m2, m6\}, \{m3, m5\}\}$$

$$\overline{apr}_{\tilde{\beta}_p}(X) = \{m3, m5\} \quad (16)$$

$$\underline{apr}_{\tilde{\beta}_N}(X) = \{m2, m3, m5, m6\} \quad (17)$$

下近似  $\{m3, m5\}$  は、完全にユーザの嗜好品である要素の情報を持つ集合であることを表し、上近似  $\{m2, m3, m5, m6\}$  は、属性集合に関する情報により、ユーザの嗜好品でないと言い切れない対象の集合を現している。よって、下近似、上近似の情報を取り入れることによりユーザの嗜好にあったメニューを選択することが可能となる。逆に、それ以外である負域のメニューを取り入れることはユーザの嗜好に適さない。よって、献立計画において解探索空間を正域、境界域と限定する。

## 2-2. メニュー計画

メニュー計画では栄養バランスの優れた献立の提案を目的とする。まず、ユーザは食べたい主食のご飯類、麺類、パン類、汁物、主菜、副菜の最大の数、最小の数を設定する。次に、ユーザは献立に取り入れたい単品を選択する。その中で、単品料理の組み合わせを数理計画問題で解くことにて献立を作成する。しかし、複数の栄養バランスを考慮する場合、理想値に一致させることは困難である。よって、必要な栄養摂取量は曖昧さを表現できるファジィ数にて表現し、各々の栄養素に関するメンバシップ関数の値を評価値とす

る。数理計画問題は下のとおりに定式化される。

$n$  : 料理数  $(1 \leq i, j \leq n)$

$m$  : 栄養素数  $(1 \leq k \leq m)$

$h$  : グループ数  $(1 \leq h \leq H)$

$X$  : 料理集合  $x_i \in X'$

$X'$  : 本日食べることが決定している料理集合

$x_i$  : 料理*i*を献立に用いるならば1, 用いないならば0とする決定変数

$M_{ij}$  : 料理*i*と料理*j*の相性がよければ0, 悪ければ1とする定数。ただし,  $M_{ij}=1$ とする。

$Q_k$  : 料理*i*に含まれる栄養素*k*の量

$N_k$  : 下記の式で表される栄養素*k*の摂取量

$$N_k = \sum_{i=1}^n x_i \cdot Q_k$$

$f_k(N_k)$  : 栄養素*k*に対する摂取量  $N_k$  の時のメンバシップ関数値

$L_h$  : グループ*h*に属する料理数の下限

$U_h$  : グループ*h*に属する料理数の上限

maximize  $\lambda$  (18)

subject to  $0 \leq \lambda \leq 1$  (19)

$$\lambda \leq f_k(N_k) \quad k=1,2,\dots,m \quad (20)$$

$$\prod_{i=2}^n \prod_{j=1}^i \frac{4 - M_{i,j}(x_i + x_j) \{1 + (-1)^{(x_i+x_j)}\}}{4} = 1 \quad (21)$$

$$L_h \leq \sum_{i=1}^n x_i \cdot B_{ih} \leq U_h \quad (22)$$

ただし, 料理  $x_i \in X'$  のとき,  $x_i = 1$  とする。

栄養素全体のバランスを考慮するため, 最も評価が低い栄養素に対して, そのメンバシップ関数値の最大化を目的関数とする。制約式はそれぞれ料理の相性が全てよいこと, 各種グループに属する料理数がある一定の範囲内であることを考慮する。

### 3. 数値計算例

料理数は150, グループは主食ご飯もの, 主食麺類, 主食パン類, 汁物, 主菜, 副主菜とする。

主食ご飯類 : 最大数 :1 最少数 :1  
 主食麺類 : 最大数 :0 最少数 :0  
 主食パン類 : 最大数 :0 最少数 :0  
 汁物 : 最大数 :1 最少数 :1  
 主菜 : 最大数 :3 最少数 :1  
 副菜 : 最大数 :1 最少数 :0

表3: 各摂取量の値

エネルギー	摂取量	625.37
脂質	摂取量	21.39
食物繊維	摂取量	6.34
たんぱく質	摂取量	29.86
炭水化物	摂取量	75.50
食塩	摂取量	10.82

表4: 栄養摂取量

栄養素	許容範囲下限	基準値	許容範囲上限
エネルギー	558.6	610.9	663.3
脂質	13.6	-	20.4
食物繊維	4.3	5.3	-
たんぱく質	12.5	13.7	122.2
炭水化物	76.4	-	106.9
食塩	0	2.7	-

食べたい料理は指定なしとし, 各単品料理の相性マトリックスはランダムな値にて遺伝的アルゴリズムを用いて計算を行った。選択された料理は, ニンニクの茎とささ身のソテー, チキンライス, 大根の味噌汁となった。

### 4. 終わりに

本研究では, 新しい重み付けられたラフ集合理論を用いて個人の嗜好を考慮した献立データベースを作成した。また, 献立の栄養素を考慮するため, ファジィ数理計画法を用いた献立作成計画について述べた。今後, 食品の多目的クラスタリング, セットカバリングなどを用いた発展を検討している。

### 参考文献

- [1] 江崎グリコ株式会社  
URL(<http://www.glico.co.jp/navi/index.htm>)
- [2] 長谷川 聡, 吉田 友敬, 横田 正恵, 奥村 万寿美, 照井 眞紀子, 管理栄養士教育へのモバイル栄養指導システムの応用: カメラ付き携帯電話による食事の量と栄養の管理, 社団法人情報処理学会 ISSN:09196072 Vol. 2006, No. 16(20060217) pp. 41-46
- [3] 倉重 賢治, 辻 明日夏, 亀山 嘉正, 2-A-11 ファジィ数理計画法を用いた献立の作成(不確実性), 社団法人日本オペレーションズ・リサーチ学会, Vol. 2006(20060314) pp. 96-97
- [4] 榎本 雄介, 原田 利宣, 井上 拓也, 森 典彦, 多人数併合縮約システムを用いたオーディオ製品の選好分析, 日本デザイン学会 ISSN:09108173, Vol. 1, 49, No. 5(20030131) pp. 11-20
- [5] 大橋 史記, 古屋 繁, ラフ集合理論を用いた携帯電話の使用状況における特性の記述: ユーザ特性と要求される機能との関係に関する基礎的研究, 日本デザイン学会 ISSN:09108173, No. 50(20030501) pp. 38-39
- [6] Han. H. and T. Kashima, "Fuzzy rough set model in an information system with uncertainties", Proc. of the International Workshop on Fuzzy Systems & Innovational Computing, Kitakyushu, Japan, 2004, pp.378-382