

# St. Luke's International University Repository

## Fuzzy多目的意志決定によるケアつき高齢者住宅の選定

|       |                                                                                                                                                                                                             |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| メタデータ | 言語: Japanese<br>出版者:<br>公開日: 2007-12-26<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En): decision making, fuzzy inference, ewtirement care facilities, visiting care system, fuzzy outranking<br>作成者: 寺尾, 満<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="http://hdl.handle.net/10285/229">http://hdl.handle.net/10285/229</a>                                                                                                                               |

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



# Fuzzy 多目的意志決定によるケアつき 高齢者住宅の選定

寺 尾 満\*

## 要 旨

意志決定をその手法から分類すると、終始、客観データだけでまとめられるものと、どこかに主観が入るものとに分れる。前者の代表は数理計画法で、一意的に最適解がきまり、看護の管理などへの応用が期待される。

ここでとりあげるのは後者で、そこに主観が入るために問題が複雑であいまいになり、決定的な意志決定手法はない。ここでは、前報<sup>1)</sup>に引き続いてケアつき高齢者住宅の選定問題を例にして、いろいろな手法の適用を検討する。それを通して、ある評定者の決定が個々の要素に対する評価をどのように結合しているかを探りたい。まず4箇のクライテリアの重みを前報で示したAHPできめたあと、それぞれのクライテリアのもとでの代替案の評価を、一つのfuzzy setとして取扱いfuzzy decisionの手法でそれを処理する。

まず、評価値をメンバーシップ値としてその共通集合を最大化するmax・min基準、和集合を最大化するmax・max基準での評価を試みる。次に、maxとminでは中間の評価が無視されるのを防ぐために、評価値の積と確率和を両極にして補償効果を調整しようとするZimmermanの提案による評価を検討する。さらにDampsterとSchaferの確率論理を適用した上限期待値と下限期待値による評価、Royのoutrankingの手法による代替案の順序づけをした。

最後に不確実性を考慮して悲観的、楽観的、両者を折衷したHurwitz基準、さらに最大機会損失最小基準で評定をし、この評定者の最終結果を導いた。

### キーワードズ

|              |       |           |          |
|--------------|-------|-----------|----------|
| 意志決定         | ファジー論 | ケアつき高齢者住宅 | 在宅ケアシステム |
| ファジーアウトランキング |       | 主観の尺度化    |          |

## 1. はじめに

### — 意志決定<sup>注)</sup>と主観の尺度化 —

意志決定論には、いくつかのまとめられた体系があり、経営学のSimon流決定論<sup>2)</sup>が看護でもとり上げられている<sup>3)</sup>。それによると意志決定の手法には、プログ

ラム化されるものとそうでないものがあり、定型的なものは前者で、非定型的なものは後者ということになる。しかし、Simon自身もいうように、この二つの区別は明らかではない。むしろ、ここでも示すように、非定型的な問題にプログラム化された手法を使用する可能性も多く、定型的な問題にこそ経験をつんだ人間の直感的な決定がより効果的だとする議論さえある<sup>4)</sup>。

一方、方法論とそれがもたらす結果から意志決定を分類すると、一つは客観的なデータだけで出発して途中にも全く主観が入らないもの、他の一つはどこかの段階で主観が入るものに分類するのが適当だろう。前者は目標と制約がきまれば一意的に最適解に到達する

\* 聖路加看護大学

注) 一般には「意思決定」という場合が多い。

しかし、「意思」は心理学や哲学の用語にはない。この論文はpsychometricsの延長で、意志決定の手法を検討する。

もので、数理計画法による意志決定はその典型的な例である<sup>5)</sup>。後者はここで検討しようとする問題のように、人の「好み」のような複雑な主観が入るために、プログラム化された手法を適用しても、決して一意的な最適解がきまらない種類のものである。統計的意志決定分析<sup>6)</sup>のように、見事にプログラム化されているように見えるものでも、そこには主観確率や効用の推定などが入るから解は一意的にきまらず、直観との調整が必要になる。

数理計画法のなかには、いくつかの典型的なタイプがあり、例えば栄養問題、人員配置採用問題、巡回セールスマン問題などは、目標と制約のなかのいろいろな属性を看護の用語に変換すれば看護の研究や管理にそのまま利用できる。ひところ前までは、数理計画法の主題はその解法にあったが、現在それらはすべてプログラム化されており、ソフトウェアパッケージを買うだけだから、一層、その利用度は高い。そこでは、看護の問題を数理計画にのるような形にモデル化するのが重要なポイントになる。

さて、「好ましい」とかより「重要」だとかをきめる主観とは何だろう。それは感覚、知覚さらに知識、知性といった心の作用できまるものらしい。「知る」ということについて考えぬいた Socrates は、結局、明解な答が得られず「私は無知だ」といったという話から2400年にもわたってこの問題の議論はつづいている。心のメカニズムはある程度解明できるとする Plato (分析派) と、要素の分析でその内容がわかるのではなく、あいまいなまま全体をとらえようとする Aristotle (総合派) の論争は、意志決定には基本原理があるとする Descartes と、心には理性のあづかり知らない論理があるとする Pascal に受けつがれた。ここで取りあげようとする fuzzy 論はそのみなもとを Pascal に求めている。また、Goethe が色彩論のなかで述べた「人は見たいものを見る」という知覚の能動性<sup>7)</sup>は、ここでとりあげようとする意志決定問題が極めて個人色の強いものになるということと関係が深い。さらに、経験を要素に分析しようとする Wundt 流の心理学に対して Ehrenfels の全体は部分の性質から解明できないとするゲシュタルト心理学があり、さらに看護の研究にも関係が深い Husserl や Heidegger の現象学も総合派の流れの上にあると思われる。

意志決定での重要問題の一つは、このような複雑であいまいな背景をもつ主観をどのように尺度化するかである。筆者はさきに、AHP (Analytic Hierarchy Process) でケアつき住宅の選定をする手法について述べた<sup>8)</sup>。そこでは、住宅の良さをきめる要素として4箇のクライテリアを設け、クライテリアに重みをつけてそれぞれの観点から住宅を評価してその評価値を合

算した。しかし、われわれの選好構造は、このような単純な線形計算できまるものだろうか。感覚や知覚の世界には、全体は要素の集合ではないというゲシュタルト性があるとすれば、住宅を選定するのにも、ありのままの全体を見て直観で判断するのが一番よいのではないだろうか。

しかし、全体を見るというのは、物理的に見えるものだけではなく、ケアつき住宅のコストとか、そこでのヘルスケアの状態、雰囲気などを、このような属性に分解することなしに総合的に判断することを意味するから極めてむづかしい。それは、意志決定者がこのような問題に経験をたぐいでないからだろう。そこで、やむを得ずいくつかのクライテリア、すなわち要素にわけることになるが、その総合についてはもっとやわらかい手段がほしい。それがこの論文を書く動機となった。

われわれの「好み」のような定性的な主観を定量化する最初の試みは、多分、実験美学 (experimental aesthetics) だろう。これはやがて Fechner らによって計量心理学 (psychometrics または psychophysics) となり、美的対象のような複雑なものが科学の対象となった。黄金分割などがそこから生まれたが、のちに官能検査の技術としてまとめられ、いまま広く活用されている。ここでも、そのなかの一对比較による主観の尺度化を利用する。

主観には標準も零点もないから物理尺度のような尺度は作れない。また、主観のもとになる感覚や知覚の情報容量はせいぜい 3 bit (8 段階) ぐらいという心理学の実験<sup>9)</sup>がある。ここでも、あるクライテリアに対して代替案 (alternative, option) に直接に評点をつけるときはせいぜい10段階どまりとする。グレードを数値で与えるにしても、言語でカテゴリをきめるにしても、それらは序数尺度であって順序をきめるだけである。

序数尺度には、本来、演算性はなくそこでの数値の平均をとったり、他の数値と乗算したりするのは厳密には不適当なのである。そこで、ここではそれらの数値を大よその値、あいまいな値、すなわち fuzzy 数として取扱い、演算もなるべく fuzzy 演算を採用することにした。従って結果もまた fuzzy なものとなり直感を補助する参考値にとどまる。

## 2. Fuzzy 多目的意志決定

この章と次の章では、6 箇の高齢者住宅 (代替案) の選定を fuzzy 多目的決定の手法によって実行する。その一つ  $H_0$  は、自宅で在宅ケアを受けようとするもの、他の5箇  $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5$  は、最近売出されたケアつき高齢者住宅である。その内容の説明は3章の終りに述べる。多目的決定の特長は、複数の代替案

について、選定者が大切だと考えているいくつかの属性を最大限に満足させる点にあり、多属性決定といってもよい。この場合、属性はそのまま目的であり、また代替案を評価するときのクライテリアともなる。

いま、クライテリアとして、

C<sub>1</sub>: 経済 ケアつき住宅または在宅ケアシステムの購入、維持が、老後の資金計画に与えるインパクト、それが少ないものほどグレードが高い。

C<sub>2</sub>: ヘルスケア 健康時をも含めてのケアの質、ターミナルケアとの接続性。

C<sub>3</sub>: 日常生活のアクティビティ 利便性、趣味、趣向からみた満足度。

C<sub>4</sub>: アメニティ、独立性 住宅内外、予想される居住者など雰囲気の満足度。

の4つを考えよう。手法としては、クライテリアの数には原則として関係はないが、7つ以内が好ましい。代替案の数についても同様である。最初に決定しなければならないのは、これらのクライテリアが評定者にとってどれがどれくらい大切かである。C<sub>1</sub>~C<sub>4</sub>の重みをきめれば、あとは重みつき多目的決定問題になる。重みの決定法については、著者は前に対比較から出発する AHP を適用し、直観との調整を容易にするための手法を提案した<sup>1)</sup>。ここではそれをうけついで、クライテリアの重みを

$$C_1: 0.25, \quad C_2: 0.35$$

$$C_3: 0.22, \quad C_4: 0.18$$

とする。

次に、それぞれのクライテリアからみた代替案の「よさ」の評価は、前報では、それも AHP できめたが、ここではずっと簡単に、直観で0と1の間の評点を与える。これは、かなりあいまいな fuzzy 数、fuzzy 論というメンバーシップ値となる。これらは、代替案がそれぞれのクライテリアをどの程度に満足させるかの度合を示す。評定者は、4箇の目的に対する代替案 H の fuzzy set を表1のように与えた。これを見ると、どの代替案も、他の代替案とくらべてすべての点でまさりまたはおとることがなく、したがってこの代替案の

$$C_1 = \left[ \frac{0.9}{H_0}, \frac{0.5}{H_1}, \frac{0.6}{H_2}, \frac{0.5}{H_3}, \frac{0.6}{H_4}, \frac{0.2}{H_5} \right]$$

$$C_2 = \left[ \frac{0.2}{H_0}, \frac{0.9}{H_1}, \frac{0.6}{H_2}, \frac{0.9}{H_3}, \frac{0.4}{H_4}, \frac{0.9}{H_5} \right]$$

$$C_3 = \left[ \frac{0.8}{H_0}, \frac{0.6}{H_1}, \frac{0.4}{H_2}, \frac{0.8}{H_3}, \frac{0.6}{H_4}, \frac{0.9}{H_5} \right]$$

$$C_4 = \left[ \frac{0.6}{H_0}, \frac{0.9}{H_1}, \frac{0.6}{H_2}, \frac{0.7}{H_3}, \frac{0.6}{H_4}, \frac{0.4}{H_5} \right]$$

↑  
目的

表1 代替案 H の Fuzzy Set

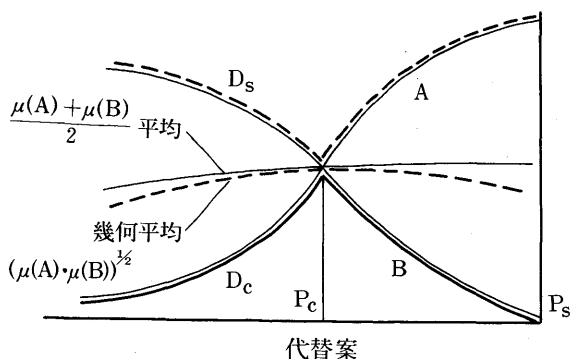


図1 決定関数 Dc、Ds

セットは決定論でいう非劣案になっている。

二つの属性 A, B があり、とり得る方策(代替案)に対して fuzzy 数(メンバーシップ値)  $\mu(A)$  と  $\mu(B)$  が図1のように与えられたとしよう。例えば、代替案として学生数を考えて、それを増すと学校経営 A は楽になって図のように経営のよさを示す指数(効用)が上昇するが、教育の質 B は人数と共に下がる。教育の質を目標としてそれを向上させようとしても、経営からみた制限がかかる。経営を目標としても同じことがおこる。つまり、目標と制限は、Bellman, Zadeh が示した<sup>9)</sup>ように互に交換可能で、決定関数 Dc は図1の太い実線で与えられる。この上で決定しなければならないが A, B 両者を満足させるのは、決定関数が最大となる Pc 点で、

$$Dc = \min\{\mu(A), \mu(B)\},$$

$$Pc = \max\{\min \mu(A), \mu(B)\}$$

で与えられる。この max·min 基準は fuzzy 決定でもっとも広く使われており、すべての目的を同時に満足させることをねらう補完的(complementary)決定となる。一方、場合によっては、どちらか一方を満足すればよいとする代替的(substitutive)な立場もある。ここでは決定関数 Ds は図1の点線のようになり、その最大値 Ps が最適決定となる。すなわち、

$$Ds = \max\{\mu(A), \mu(B)\},$$

$$Ps = \max\{\max \mu(A), \mu(B)\}$$

となる。

これを、クライテリアの重みは平等に1だとして表1に示された代替案の決定にあてはめると

$$Dc = \left[ \frac{0.2}{H_0}, \frac{0.5}{H_1}, \frac{0.4}{H_2}, \frac{0.5}{H_3}, \frac{0.4}{H_4}, \frac{0.2}{H_5} \right]$$

$$Ds = \left[ \frac{0.9}{H_0}, \frac{0.9}{H_1}, \frac{0.6}{H_2}, \frac{0.9}{H_3}, \frac{0.6}{H_4}, \frac{0.9}{H_5} \right]$$

となり、max·min 基準では H<sub>1</sub> と H<sub>3</sub> が最適で、max·max 基準では H<sub>0</sub>, H<sub>1</sub>, H<sub>3</sub>, H<sub>5</sub> が同位で最適となるが、その間の区別はつかない。両方で選ばれているから

$$\begin{aligned}
 W_1=1 \quad C_1 &= \left[ \frac{0.9}{H_0}, \frac{0.5}{H_1}, \frac{0.6}{H_2}, \frac{0.5}{H_3}, \frac{0.6}{H_4}, \frac{0.2}{H_5} \right] \\
 W_2=1.4 \quad C_2 &= \left[ \frac{0.1}{H_0}, \frac{0.86}{H_1}, \frac{0.49}{H_2}, \frac{0.86}{H_3}, \frac{0.28}{H_4}, \frac{0.86}{H_5} \right] \\
 W_3=0.88 \quad C_3 &= \left[ \frac{0.82}{H_0}, \frac{0.64}{H_1}, \frac{0.45}{H_2}, \frac{0.82}{H_3}, \frac{0.64}{H_4}, \frac{0.91}{H_5} \right] \\
 W_4=0.72 \quad C_4 &= \left[ \frac{0.69}{H_0}, \frac{0.93}{H_1}, \frac{0.69}{H_2}, \frac{0.77}{H_3}, \frac{0.69}{H_4}, \frac{0.52}{H_5} \right] \\
 \Sigma W=4 \quad \uparrow \quad \uparrow \\
 &\quad \text{重み} \quad \text{目的}
 \end{aligned}$$

表2 重みつき代替案HのFuzzy Set

$H_1$  と  $H_3$  がよいということになるが、ここではクライテリアの重みを考えていないからこの結果は採用できない。それにしても、これらの決定では、最小値または最大値だけに着目するから、それが同じなら、他の値がどうであろうと結果には反映しない (non-interactive) といった欠点がある。min・max 基準は最低点で勝負するから、「悪い所がない」ものを選びたい人に向いており (悲観的)、max・max 基準は最高点で勝負することになり、一つでもいい所があればほかの点には目をつぶる人に向いている (楽観的)。この問題の評定者はそのどちらでもないで、さらに検討を進めなければならない。

この問題では、代替案に対して4項目についての評点がついているのだから、科目の得点で学生を評価するように、得点を合計 (平均) して、その最大値をとればよいではないかという一般常識がある。科目の得点も前に述べた序数尺度であって、本来、演算性がなく、それを単に合計して学生の能力を判定するのは間違いだという議論はさておき、一体、選択の基準になる人間の好みとはどのような性格をもっているかをごく浅く考えてみる。これについては、いくつかの実験があり<sup>10)</sup>、この住宅の選択の場合にもあてはまりそうな簡単な結論の一つは、各項目の算術平均よりも幾何平均の方が、人間が部分的な好みを直観的に合成するときのモデルに近いということである。図1に、二つのクライテリアの算術平均 (実線) と幾何平均 (破線) を示した。これを見ると、部分的な評価のばらつきが大きいものは、全体としての評価が下るということになっており、この結論は常識的でもある。

さらに詳しく検討を進めると、メンバシップ値の min または max をとるということは、論理的には論理積 (AND) または論理和 (OR) に相当しており、決定関数は A と B の共通集合または和集合で次のように与えられる。

$$Dc = \mu(A) \cap \mu(B) \text{ または } Ds = \mu(A) \cup \mu(B)$$

この決定では、すでに述べたように、集合の要素が多数のとき、それぞれのメンバシップ値が非干渉にな

る。メンバシップ値は確率変数ではないが、例えばあるクライテリアの評点が0.8ということ、多数の人に聞いて80%の人がそれがよいとしたと考えて、Aを0.8、Bを0.5とすると、ABともによいとされるのは  $0.8 \times 0.5 = 0.4$  になる。そこで上の非干渉をさけるために、共通集合の代りに評点の乗算をとる。すなわち、m個のクライテリアについての評点を  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m$  とすると、

$$\mu_1 \cap \mu_2 \cap \mu_3 \cdots \cap \mu_m = \prod_{i=1}^m \mu_i$$

とする。また、Aが0.8、Bが0.5で、AまたはBのどちらかが支持される (Logical OR) のは  $0.8 + 0.5 - 0.8 \times 0.5 = 0.9$  となり、一般に、和集合に相当する確率は次の形になる。

$$Ds = \mu_1 \cup \mu_2 \cup \mu_3 \cdots \cup \mu_m = \left( 1 - \prod_{i=1}^m (1 - \mu_i) \right)$$

これで和集合も interactive になるが、さらにこの二つを結合して

$$D_1 = \left( \prod_{i=1}^m \mu_i \right)^{1-\gamma} \cdot \left( 1 - \prod_{i=1}^m (1 - \mu_i) \right)^{\gamma}$$

とするのが適当であろう<sup>10)</sup>。 $\gamma$  は実験的に (直観と相談しながら) 最適な値を選ぶのがよいが、さしあたり両者の中間をとって0.5としよう。なお、共通集合と和集合の折衷については、次の加算 (荷重平均) 型も考えられる。

$$D_2 = (1-\gamma) \prod_{i=1}^m \mu_i + \gamma \left( 1 - \prod_{i=1}^m (1 - \mu_i) \right)$$

ここではこれによる評定も実行するが、それに先立って、はじめにきめたクライテリアの重みでメンバシップ値 (fuzzy 評価値) を修正しておかなければならない。

著者が前報<sup>1)</sup>で示した AHP による評価では、評価値がパーセンタイルで表わされており、加算による評価だから重みは乗算によって処理されたが、ここでは幾何平均にしても、 $D_1$  や  $D_2$  による決定にしてもメンバシップ値が乗算の形になっており、これに乗算の形で重みをつけるのは全く無意味となる。従ってこの場合は、重み  $w$  はメンバシップの  $w$  乗 (べき数) にする。すなわち幾何平均  $Dg$  および共通集合と和集合の乗算型および加算型の結合による評価  $D_1$ 、 $D_2$  はそれぞれ次のようになる。

$$Dg = \left( \prod_{i=1}^m \mu_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{m}} \quad \Sigma w_i = m$$

$$D_1 = \left( \prod_{i=1}^m \mu_i^{w_i} \right)^{1-\gamma} \cdot \left( 1 - \prod_{i=1}^m (1 - \mu_i)^{w_i} \right)^{\gamma}$$

$$D_2 = (1-\gamma) \prod_{i=1}^m \mu_i^{w_i} + \gamma \left( 1 - \prod_{i=1}^m (1 - \mu_i)^{w_i} \right)$$

ここでは  $\gamma = 0.5$ 、 $m = 4$ 、 $\mu_1 \sim \mu_4$  はクライテリア  $C_1$

| fuzzy data の処理              |                    | 代替案 | H <sub>0</sub> | H <sub>1</sub> | H <sub>2</sub> | H <sub>3</sub> | H <sub>4</sub> | H <sub>5</sub> |
|-----------------------------|--------------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 共通集合と和集合の結合<br>$\gamma=0.5$ | 乗算型 D <sub>1</sub> |     | 0.225<br>⑥     | 0.51<br>②      | 0.296<br>③     | 0.521<br>①     | 0.266<br>⑤     | 0.284<br>④     |
|                             | 加算型 D <sub>2</sub> |     | 0.521<br>⑤     | 0.627<br>②     | 0.527<br>④     | 0.635<br>①     | 0.514<br>⑥     | 0.539<br>③     |
| 幾 可 平 均                     |                    |     | 0.47<br>⑥      | 0.71<br>②      | 0.55<br>③      | 0.72<br>①      | 0.52<br>⑤      | 0.53<br>④      |
| BEL による上限期待値                |                    |     | 0.7<br>④       | 0.9<br>①       | 0.6<br>⑤       | 0.9<br>①       | 0.543<br>⑥     | 0.9<br>①       |
| PI による下限期待値                 |                    |     | 0.2<br>⑥       | 0.614<br>①     | 0.474<br>③     | 0.614<br>①     | 0.4<br>④       | 0.4<br>④       |
| 上限と下限の平均                    |                    |     | 0.45<br>⑥      | 0.76<br>①      | 0.54<br>④      | 0.76<br>①      | 0.47<br>⑤      | 0.65<br>③      |
| outranking                  | 多段 (a)             |     | ④              | ②              | ③              | ①              | ⑥              | ④              |
|                             | I 段 (b)            |     | ⑤              | ①              | ④              | ①              | ⑥              | ③              |

表 3 代替案の評価値と順位

～C<sub>4</sub> のもとでの代替案の評価値(表1), w<sub>1</sub>～w<sub>4</sub> はさきに与えた C<sub>1</sub>～C<sub>4</sub> の重みを合計が4になるように基準化して

$$w_1=1, \quad w_2=1.4 \\ w_3=0.88 \quad w_4=0.72$$

とした。表3に、それぞれの手法による代替案の評定結果と順位が整理してある。

表1の評価値 $\mu$ を、荷重評価値 $\mu^*$ に置きかえた代替案の fuzzy set は表2となる。これを前の重み1の fuzzy set とくらべると、重みが1.4の C<sub>2</sub> では評価値がかなり小さくなり、重みが1よりも小さい C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> のところでは評価値が逆に大きくなっている。重みをベキ数にしたためにおこるこの傾向は奇妙にも思えるけれども、この評価値は相対的なもので、重みの軽いところで上昇するのはすべての代替案について同様であり、代替案の相対的な比較には差支えはない。それよりも、ここで注目しなければならないのは、重みの大きいものが小さくなるということは、max・min 基準で評価するときに、重要項目が勝負の場に引き出され、重要でない項目は逆に棚上げされてしまうという効果があるということである<sup>11)</sup>。重み付きの fuzzy set で min および max をとると

$$D_c = \min \left\{ \frac{0.1}{H_0}, \frac{0.5}{H_1}, \frac{0.45}{H_2}, \frac{0.5}{H_3}, \frac{0.28}{H_4}, \frac{0.2}{H_5} \right\} \\ D_s = \max \left\{ \frac{0.9}{H_0}, \frac{0.93}{H_1}, \frac{0.69}{H_2}, \frac{0.86}{H_3}, \frac{0.69}{H_4}, \frac{0.91}{H_5} \right\}$$

となり、max・min 基準では H<sub>1</sub> と H<sub>3</sub>, max・max 基準では H<sub>1</sub> が最適となる。この場合は、たまたま、前の重みをすべて1にしたときの結果とほぼ同じになる。

この結果や、表3にある評定をみても、ほぼ同じような傾向をもっており、最適な代替案の選定は簡単な

max・min 評価でもよいということになるが、場合によってはその non-interactive な性格が不適当な結果を与えることがあるから、それを防ぐもう一つの方法を検討しておこう。それは Dampster と Schafer の確率論理<sup>12)13)</sup>のなかにある BEL (Degree of Belief) と PI (Degree of Plausibility) の思想を利用するもので、具体的な方法としては次の章で述べる fuzzy outranking 法と共に、もっとも簡単に interactive な評価ができる。まず、クライテリアの重みを最大値が1になるように基準化して小さい順にな

らべる。すなわち

$$C_4=0.515 \quad C_1=0.715 \\ C_3=0.629 \quad C_2=1.00$$

となる。ここでは、min または max の選定をクライテリアの集合を次のように4箇にわけて、各 sub-set ごとに4段階にわけて実行する。

$$A_1=\{C_4, C_3, C_1, C_2\} \quad A_3=\{C_1, C_2\} \\ A_2=\{C_3, C_1, C_2\} \quad A_4=\{C_2\}$$

各段に基本確率、

$$m(A_1)=0.515-0=0.515 \\ m(A_2)=0.629-0.515=0.114 \\ m(A_3)=0.715-0.629=0.086 \\ m(A_4)=1-0.715=0.285, \quad \Sigma m(A)=1$$

を割りふる。まず表4に示すように、下の段(A<sub>1</sub>)、すなわち {C<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>} についての評価値 $\mu$ (表1)の max または min をとり、それに基本確率 m(A<sub>1</sub>) を掛ける。つぎに A<sub>2</sub>, {C<sub>3</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>} について、さらに A<sub>3</sub>, {C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>}、A<sub>4</sub>, {C<sub>2</sub>} と順に同じことをしてそれらを加算する。その結果、

$$\Sigma m(A) \cdot \max(\mu), \quad \Sigma m(A) \cdot \min(\mu)$$

はそれぞれ、BEL による上限期待値、PI による下限期待値となる。この方法では、たまたま、一番重みの大きい重要項目 (C<sub>2</sub>) のところに最大値や最小値があると、interactive にはならず、判定を4段にわけた効果がなくなるが、中間の重みのところに max や min がきても、その作用をうすめることになり、interactive の効果がでる。この方法による評定の結果も表3にまとめてある。それらの結果もほかの評定とほぼ同様となる。また、表4に示したように、クライテリアの重み w がすべて1ならば上限期待値は max に、下限期待値は min に一致する。

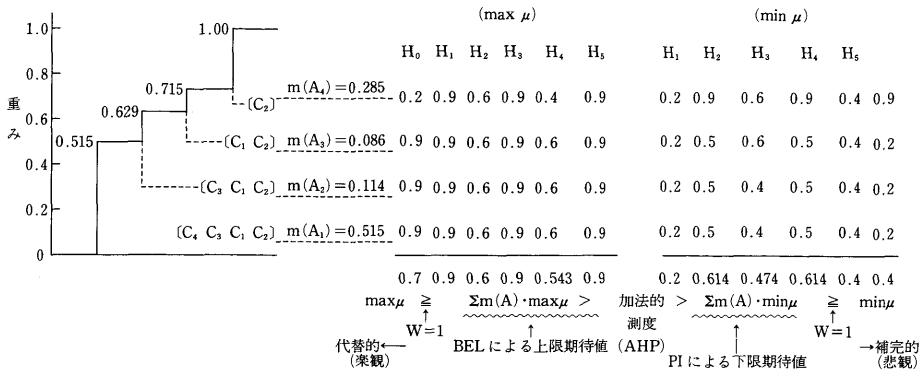


表4 BEL, PIによる上限, 下限期待値

### 3. Fuzzy Outranking

前章でとりあげた高齢者住宅の評価をRoyの提案した fuzzy outranking<sup>14)</sup> およびその変形によって尺度化してみよう。ここでも前に述べた4つの属性  $C_1, C_2, C_3$  および  $C_4$  が評価のクライテリアとなりその重みは前章に示したように AHP による値をとる。outranking 法は、それぞれのクライテリアからみた代替案の「良さ」を言語的なカテゴリーで評価することからはじまる。これは定性的なカテゴリー一尺度で数値のない序数尺度にはなっている。いま、それを「非常によい」「かなり良い」「普通」「問題がある」の4段とし、A, B, C, Dで対応させよう。この場合Dの「問

| 重み<br>W | クライテリア | 代替案   |       |       |       |       |       |
|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         |        | $H_0$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ | $H_4$ | $H_5$ |
| 0.25    | $C_1$  | A     | C     | B     | C     | B     | D     |
| 0.35    | $C_2$  | D     | A     | B     | A     | C     | A     |
| 0.22    | $C_3$  | A     | C     | C     | B     | B     | A     |
| 0.18    | $C_4$  | B     | A     | B     | B     | B     | C     |

表5 代替案の定性的な評価

|       | $H_0$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ | $H_4$ | $H_5$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $H_0$ | ●     | 0     | 0.47  | 0     | 0.65  | 0     |
| $H_1$ | 0.53  | ●     | 0.65  | 0.78  | 0.53  | 0.78  |
| $H_2$ | 0.53  | 0.47  | ●     | 0.43  | 0.78  | 0.43  |
| $H_3$ | 0.53  | 0.82  | 0.75  | ●     | 0.75  | 0.78  |
| $H_4$ | 0.53  | 0.47  | 0.65  | 0.65  | ●     | 0.43  |
| $H_5$ | 0     | 0.57  | 0.57  | 0.57  | 0.57  | ●     |

表6 トーナメントの得点

題」は、それが解決できなければ代替案からはずす筈のものである。ここでは、 $H_0$ の「ヘルスケア」、 $H_5$ の「経済」に難点があるが、それらはこの評定者にとってなんとかなる見込みがある。

表5に、6つの代替案  $H_0 \sim H_5$  (その内容についてはこの章の終りに述べる) について、それぞれの属性からみた定性的な評価結果を示す。この場合も代替案の集合は非劣案になっている。もし、非劣案でなく、あるU案がすべての点で他のあるV案におとるなら、UはVに従属することになり、最適案の選定からは除外される。この表を見ながら、代替案を相互にそれぞれのクライテリアで比較し、どの点(クライテリア)で相手と同じ、またはまさっているかを見つけて、そのクライテリアの重みを加算する。その際、どこかの項目で著しく劣る場合、その代替案が相手に対してまさっている点があっても得点を0とする。ここでは、片側がDで、相手がAの場合がそれになる。この手続きによって一対比較(トーナメント)を繰返した結果が表6の得点表で、各行がそれぞれの代替案が5箇の相手に対して得た得点になる。各列はそれぞれの代替案が相手にとられた点である。 $H_1$ は $H_2$ から0.65をとり、 $H_2$ は $H_1$ から0.47をとる。つまりこのトーナメントのなかで、 $H_1$ と $H_2$ の勝負は0.65対0.47となる。

これで定性的な主観評価がクライテリアの重みを経由して数値化されたが、この手続きのなかには、序数尺度を距離尺度に変換するような数理的根拠はなく、結果も序数尺度にとどまり、この数値は一つの fuzzy 数になる。この表をもとに、それぞれの代替案相互の関係を fuzzy graph で示ことができ、ここでは、あとの評価に便利のようにトーナメントの得点を図2の形にまとめた。

まず、Royの提案に従って、代替案の順位をきめるために、トーナメントの結果を整理していこう。表6、または図2で、最高得点0.82をみつける。第1回のトー



第IIラウンドでは、除かれた  $H_3$  につながる線をすべて遮断して、前と同じことを繰返すが、その場合の最高得点は0.78で、 $0.78 - 0.05 = 0.73$ となり、レベルは0.65になる。結果は  $H_1$  が2勝0敗でトップになり、これが全体では  $H_3$  について2位ときまる。 $H_3$ ,  $H_1$  を除いた第IIIラウンドのレベルは0.65,  $H_0$  と  $H_2$  が1勝0敗で共に第3位となる。そこでこの両者だけで第IVラウンドの判定をすると、レベルは $0.53 - 0.05 = 0.48$ から0.47となり、明らかに  $H_2$  の勝ちでこれが第3位となる。 $H_3$ ,  $H_1$ ,  $H_2$  を除いた第Vラウンドでは、レベルは $0.65 - 0.05 = 0.6$ から0.57となり、 $H_0$  と  $H_5$  が共に1勝1引分けで共に第4位になる。 $H_0$  と  $H_5$  は図2からも明らかのように引分けになるから、両者の順位はつけられない。そこで、残った  $H_4$  が最下位となって全体の順位は表3(a)のようにきまる。

H<sub>1</sub>とH<sub>2</sub>はリゾート型の高齢者住宅で、価格に差があり、H<sub>1</sub>は高価なためにC<sub>1</sub>では評点が下がり、その他ではH<sub>2</sub>よりも上になる。H<sub>3</sub>とH<sub>4</sub>は都市から1～2時間の近郊型で、H<sub>3</sub>の方が高価、H<sub>4</sub>はターミナルケアへの接続に不安がある。H<sub>5</sub>は都市型のリタイアメントハウスで、市内にあって日常生活のアクティビティを保つには申分なく、専用の土地がないことからくる不便はあっても、プールやレストラン、車庫などの設備も完備しており、日常生活のための設備とサービスはホテルに劣らない。何よりも、ヘルスケアを主目的につくられているから、ターミナルケアへの接続も含めて申分がないように見える。これがほんと

うに快適かどうかは住んでみなければわからないが、この評定では  $C_2$ ,  $C_3$  からみた評点は最高で、市内にあるから海や山があるわけではなく、犬も飼えないから、 $C_4$  からみた評価は下がる。何よりも問題は価格が極めて高く、彼等の老後資産計画を根底から再吟味する必要がある。それが面倒なので、さしあたり  $C_1$  の評点は D になっている。

$H_0$  と  $H_5$  の選択は、 $C_1$  と  $C_2$  のトレードオフを中心に、これだけでも一つの興味ある意志決定問題になる。それには、fuzzy ranking や前章で試みた決定手法だけでは、不十分である。集められるだけの客観データをもとに、それらの不確定性、とくに、ある条件のもとでのベイズ確率、不確定な選択肢 (decision tree) を評価するための「かけ」の値段の決定、確実同値による効用 (ユーティル) の決定など、マネージメントサイエンスの手法 (意志決定分析など) の導入を考慮する必要がある。しかし、そこでも確率の割当てや効用の推定など、重要なところに主観が入るから fuzziness から免かれるわけではない。

#### 4. 結論——在宅か、ケアつき住宅か——

在宅よりもケアつき住宅の方がランクが高いという前章までの結果は、現状の住宅に大きな愛着をもって評定者をあまり満足させなかった。ここで重要なことは、前の判定には、日本の在宅ケアシステムが将来改善されるかも知れないという可能性があらわには考慮されていないことである。将来の不確かな状態 (決定論ではこれを自然の状態という) を想定した意志決定には次のような手順が考えられる<sup>15)</sup>。

- 1) まず、それぞれの代替案のそれぞれの自然の状態のもとでの総合的な効用を推定して表 7 (a) のようにマトリクスをつくる。代替案として前章の  $H_0$  (在宅) と、表 3 で常に上位だった  $H_3$  をとり、自然の状態としては  $\theta_1$  (在宅ケアシステムが現状のまま)、 $\theta_2$  (良質なシステムが開発される) の二つを考える。代替案や、自然の状態が多数であっても手法としては変らない。効用の推定は、意志決定の核心となるが、ここでは直観的にきめた fuzzy 数を表 7 にかきこんである。
- 2) Laplace 基準 (期待値最大)  
自然の状態がおこる確率を推定して効用の期待

|       | $\theta_1$ | $\theta_2$ |
|-------|------------|------------|
| $H_0$ | 0.6        | 0.9        |
| $H_3$ | 0.8        | 0.7        |

(a) 代替案の評価

|       | $\theta_1$ | $\theta_2$ |
|-------|------------|------------|
| $H_0$ | 0.2        | 0          |
| $H_3$ | 0          | 0.2        |

(b) 最大機会損失

表 7 不確定な状況のもとでの決定

値を最大化する。いま  $\theta_1$  に 0.4,  $\theta_2$  に 0.6 の確率を割り当てると  $H_0$ ,  $H_3$  の効用の期待値  $E(H_0)$ ,  $E(H_3)$  は、

$$E(H_0) = 0.4 \times 0.6 + 0.6 \times 0.9 = 0.78$$

$$E(H_3) = 0.4 \times 0.8 + 0.6 \times 0.7 = 0.74$$

$\max E = 0.78 \rightarrow H_0$  が最適

3)  $\max \cdot \min$  基準 (悲観的)

自然はいちわるく、選んだ代替案の結果が最悪となるように作用する。

$$\min H_0 = 0.6, \quad \min H_3 = 0.7$$

$$\max \cdot \min = 0.7 \rightarrow H_3 \text{ が最適}$$

4)  $\max \cdot \max$  基準 (楽観的)

自然は好意的で、選択の結果が最善となるように作用する。

$$\max H_0 = 0.9, \quad \max H_3 = 0.8$$

$$\max \cdot \max = 0.9 \rightarrow H_0 \text{ が最適}$$

5) Hurwitz 基準 (悲観と楽観の折衷)

$$\max \{ \alpha \cdot \min + (1 - \alpha) \cdot \max \}$$

いま、悲観と楽観の中間をとると  $\alpha = 0.5$

$$H_0 : 0.5 \times 0.6 + 0.5 \times 0.9 = 0.75$$

$$H_3 : 0.5 \times 0.7 + 0.5 \times 0.8 = 0.75$$

$H_0$ ,  $H_3$  共に最適

6)  $\min \cdot \max$  基準 (最大機会損失最小)

自然の状態がわかっていれば得られたであろう最大の結果と、現実の選択による結果の差を最小にする。この最大機会損失は表 7 (b) に示すように  $H_0$ ,  $H_3$  ともに 0.2, 従ってその  $\min$  も 0.2 で、 $H_0$ ,  $H_3$  共に最適となる。

以上の検討からは、 $H_0$  が  $H_3$  よりもわずかに有利なように見え、評定者である老夫婦は、将来の在宅ケアシステムの改善を期待して、現在の住宅にとどまることにした。

#### <引用文献>

- 1) 寺尾 満：ケアつき高齢者住宅の選定支援システム，  
聖路加看護大学紀要 V16, 24/33 (1990)
- 2) Simon, H.：意思決定の科学，1978 (倉井，稲葉訳)，  
産業能率大学出版部
- 3) 杉 政孝：意思決定，看護 MOOK No. 18, 51/  
55 (1986)

- 4) Dreyfus, H.: Mind over Machine, 1986. 棕田：純粹人工知能批判, 282/290, アスキー
- 5) Gass, S.: Linear Programming, 1975. 小山：線型計画法, 好学社.
- 6) Brown, R.: 決定分析, 1977 (藤田他訳), 産業能率大学出版部
- 7) 渡辺 慧：知ること, 10/13, 東京大学出版会 (1988)
- 8) Miller, G.: The Magical Number Seven, Plus or Minus Two, The Psychological Review, 63, 81/97 (1956)
- 9) Bellman, R., Zadeh, L.: Decision-Making in a Fuzzy Environment, Management Sci. 17, 141/164 (1970)
- 10) Zimmerman, H.: Latent Connectives in Human Decision Making, Fuzzy Sets and Systems 4. 37/51 (1980)
- 11) Yager, R.: Fuzzy Decision Making Including Unequal Objectives, Fuzzy Sets and Systems 1. 87/95 (1978)
- 12) 寺野寿郎他：応用ファジイシステム入門, 233/237, オーム社 (1989)
- 13) Schafer, G.: A Mathematical Theory of Evidence, Princeton Univ. Press (1976)
- 14) 西田俊夫：おはなしファジイ, 173/189, 日本規格協会 (1990)
- 15) 市川惇信：意思決定論, 52/56, 共立出版 (1983)

## Fuzzy Decision Making for Retirement Care Facilities

MITSURU TERAOKA

The methodology of decision making can be divided into two categories: one consists of purely objective data; another contains human subjectivity at the beginning or on the way of procedures. A typical example of the former is mathematical programming which can be adequately used for nursing research and/or management problems. In this paper, the author investigates the latter type of decision making in which complicated subjectivity makes the alternative solution difficult and as a result we still do not have any definite way.

As succeeding research of the former paper<sup>1)</sup>, the author presents case studies concerning alternative solutions for retirement care facilities applying various ways of fuzzy decision making. The author's main aim is to investigate the latent connectives of subjective judgements in human decision.

First, we estimate a scale of importance of each of the objectives, economy, health care, daily activities and amenity, including independency, using the Analytic Hierarchy Process. Secondly, we evaluate six alternatives, including a visiting care system and five retirement facilities with unequally weighted objectives. Then four objectives are expressed as fuzzy subsets of the alternatives.

The results of max/min and max/max approaches do not satisfy the decision maker's intuition due to their non-interactive nature with membership functions. Then we experimented with a methodology based on the work of Zimmerman for compensation between intersection and union of fuzzy sets. Further, we tried the fuzzy outranking suggested by Roy and the methodology using the degree of belief and plausibility developed by Dempster and Shafer.

Finally, we made comparisons between visiting care and care facilities under some future uncertainty. In conclusion, final decision was made through aggregation of all the results.

### Key Words

decision making  
fuzzy inference  
retirement care facilities  
visiting care system  
fuzzy outranking

# 紀要 17 号 正 誤 表

| ページ      | 行           | 誤                               | 正                                  |
|----------|-------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 7        | 22          | alcoholism                      | alcoholism                         |
| 9        | 2 (標題)      | オスラー                            | ウィリアム オスラー                         |
| 10       | 左下から 6      | 30歳代に                           | 30歳代から40歳代はじめに                     |
| 12       | 右 17        | A Study of Act of Dying         | A Study of Act of the Dying        |
| 13       | 右23~24      | Paul Revere が生まれたが              | Paul が生まれたが                        |
| 13       | 右 29        | しかし、67歳の時に欧州大戦に従軍していた息子の戦死      | しかし、68歳の時に欧州大戦に従軍していた息子 Revere の戦死 |
| 14       | 右 14        | IX. インガソル講演「科学と靈魂の不滅性について」      | IX. インガソル講演“科学と靈魂の不滅性について”         |
| 14       | 右 29        | 第二は命の不滅性は                       | 第二は靈の不滅性は                          |
| 14       | 右下から 5      | オスラーは人間の命の                      | オスラーは人間の靈の                         |
| 37       | 図 7         | 血液型不適台                          | 血液型不適合                             |
| 43       | 右 9, 17, 23 | $\prod_{i=1}^m \mu_i$           | $\prod_{i=1}^m \mu_i$              |
|          | 右 14        | $\prod_{i=1}^m (1-\mu_i)$       | $\prod_{i=1}^m \mu_i$              |
|          | 右 17        | $\prod_{i=1}^m (1-\mu_i)$       | $\prod_{i=1}^m (1-\mu_i)$          |
|          | 右39, 40     | $\prod_{i=1}^m (1-\mu_i)^{w_i}$ | $\prod_{i=1}^m (1-\mu_i)^{w_i}$    |
|          | 右 40        | $\prod_{i=1}^m \mu_i^{w_i}$     | $\prod_{i=1}^m \mu_i^{w_i}$        |
| 44       | 左 1         | $W_1$                           | $W_1$                              |
| 74       | 右 7         | 46.9%                           | 100.0%                             |
|          |             | 37.5%                           | 80.0%                              |
|          | 右 8         | 14.1%                           | 30.0%                              |
|          |             | 1.6%                            | 3.3%                               |
|          | 右 10        | 42.3%                           | 100.0%                             |
|          |             | 23.7%                           | 56.1%                              |
|          | 右 11        | 16.5%                           | 39.0%                              |
|          | 右 12        | 6.2%                            | 14.6%                              |
| 75       | 左 14        | 33.4%                           | 64.3%                              |
|          |             | 14.8%                           | 28.6%                              |
|          | 左 15        | 11.1%                           | 21.4%                              |
|          | 左 16        | 7.4%                            | 14.3%                              |
|          | 右 1         | 34.8%                           | 70.5%                              |
|          | 右 2         | 13.9%                           | 28.2%                              |
|          | 右 3         | 9.5%                            | 19.2%                              |
|          | 右 4         | 6.3%                            | 12.8%                              |
| 82       | 11 (NO43)   | 神澤                              | 福澤                                 |
|          | 16          | 拝泄                              | 排泄                                 |
| 85       | 27          | 任娠期                             | 妊娠期                                |
| 86       | 10          | chimica                         | chemica                            |
| 93       | 16          | 要因としての                          | 要因としての                             |
| 95       | 24          | 日本人間性理学会                        | 日本人間性心理学会                          |
| 96       | 3           | 点をあてて                           | 点をあてて                              |
|          | 15          | 養護学校の特徴の特徴                      | 養護学校の特徴                            |
| 97       | 14          | enrgy-transferring              | energy-transferring                |
| CONTENTS | 13          | servey                          | survey                             |