

「経営とファジィ技術」

大東文化大学経済学部教授

天 笠 美知夫

目 次

1. はじめに

 2. ファジネス(Fuzziness)の概念と特性
 - 2.1 ファジィ集合
 - 2.2 ファジィ測度
 - 2.3 ファジィと確率

 3. ファジィ理論の基礎
 - 3.1 ファジィ積分
 - 3.2 システムとその構造化

 4. ファジィ理論の経営問題への応用
 - 4.1 ファジィ人事評価
 - 4.2 ファジィデルファイ法による予測
 - 4.3 ファジィ回帰分析による予測
 - 4.4 製品機能のファジィ評価
 - 4.5 ファジィ推論とコンピュータ

 5. おわりに
- [参考文献]

1 はじめに

1965年カリフォルニア大学のL. A. Zadeh教授によって提唱されたファジィ集合論 [1] は、ランダムネス(Randomness)に起因する事象に対する確率とは異なり、人間の価値判断や言葉の意味の広がりから起因する曖昧さを合理的に処理するための数学的理論として確立され、基礎理論とその応用に大きな発展がみられる。特に最近では、全自動洗濯機、掃除機、エアコン、カメラ、炊飯器などの一般家庭製品や、焼却プラント、培養プロセス、蒸留塔、地下鉄などの制御に関するエンジニアリング分野、ならびに予測、人事評価や企業能力評価などのノンエンジニアリング分野に本理論が積極的に応用され、かなりの成果が報告されている。

このような状況の中で、人間の経験的、かつ主観的な意思決定に左右される面が多い経営分野へのファジィ理論の適用は十分意義深いことである。

ここでは、ファジィ理論に関する基礎理論とその応用について、2、3の例を示しながら説明する。

2 ファジネス(Fuzziness)の概念と特性

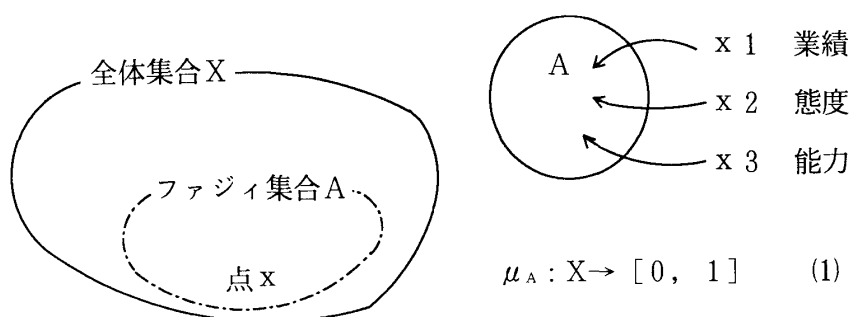
2.1 ファジィ集合 [1]

「言葉の意味の広がりから起因する概念規定のFUZZINESS(VAGUENESS)」

(例) 「若い人の集合」「お金持ちの集合」「もう少し洗剤を入れて」

「だいたい200M位行ったら右へ曲がってください」「まあまあだよ。」

(例) 当社にとって適当な人事評価要素：A



2.2 ファジィ測度 [2]

「多くの可能性の中からどれかを特定できないときの判断におけるFUZZINESS(AMBIGUITY)」

(例) 「業績のよい人の集合」を考える。この集合に属すると思われるA氏の業績を考えると、A

氏の業績は100点を満点とするとき80点かもしれないし、95点かもしれない。よい業績と思われる無数の可能性がある。どれかを特定しなければならないときに生じる‘曖昧さ’をambiguityといい、その判断の尺度としてFuzzy測度がある。

Fuzzy測度の性質：

- ①有界非負性： $0 \leq g(E) \leq 1$ ②単調性： $E \subseteq F \Rightarrow g(E) \leq g(F)$
- ③連続性： $\lim_{n \rightarrow \infty} g(E_n) = g(\lim_{n \rightarrow \infty} E_n)$

Fuzzy測度： $E \cap F = \phi \Rightarrow g(E \cup F) = g(E) + g(F) + \lambda * g(E) * g(F)$ (2)

- (1) $\lambda = 0$: 加法的 (2) $\lambda < 0$: 劣加法的 (3) $\lambda > 0$: 優加法的

(例) A = 創造性 B = 業績

$$g(A) = 0.5, g(B) = 0.3 \text{ とすると}$$

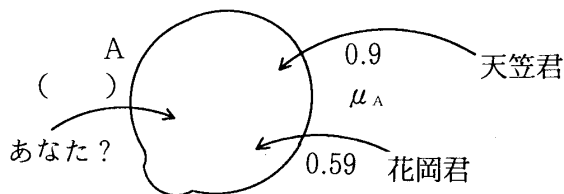
$$g(A \cup B) = g(A) + g(B) + \lambda * g(A) * g(B)$$

$$= 0.5 + 0.3 + \lambda * 0.5 * 0.3$$

2.3 ファジィと確率

(1)メンバーシップ関数 (帰属度関数)

(例)「若い人の集合」



(2)確率 (特性関数)

(例)「サイコロを1回投げたとき
3の目のでる確率」

$$Pr(x=3) = 1/6 \text{ 特性関数: } 0 \text{ or } 1$$

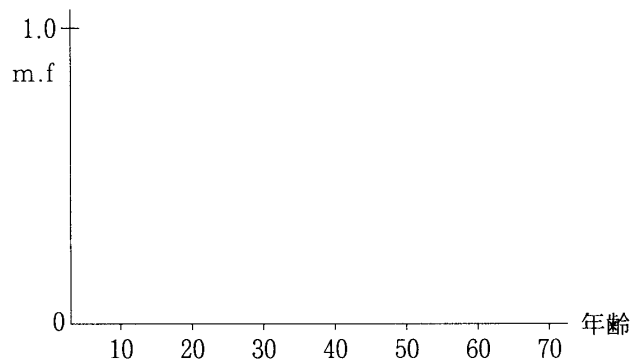
(例)「明日の降水確率は、30%です。」

[演習1] 10才から70才までの人は、あなたが想像する‘若い人の集合’にどれくらい帰属すると思いますか、その度合いを次のグラフに記入して下さい。

演算と基本的性質

- ① $S = \{s_i, i=1, 2, \dots, n\}$
- $A = \{s \mid \mu_A\}$
- ただし、 $\mu_A : S \rightarrow [0, 1]$

$$\mu_A = \frac{1 - \mu_A}{1 + \lambda * \mu_A} \quad -1 < \lambda < \infty$$



(例) ファジィ集合とメンバーシップ関数 (帰属度関数)

S : 人事評価要素の集合

s₁ : 能力評価 s₂ : 態度評価 s₃ : 業績評価

[演習 2]

あなたが人事評価を行うとき、能力評価、業績評価および態度評価をどの程度重視しますか、そのメンバーシップ関数を与えて下さい。

能力評価 () 態度評価 () 業績評価 ()

②ファジィ演算

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$$

ここで、 $0 \leq y_i \leq 1$, $i = 1, 2, \dots, n$ であり、添字Tは転置を表す。

$$B = [b_{ij}]_{m \times n}$$

ただし、 $0 \leq b_{ij} \leq 1$, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$

$$C = BOY \Leftrightarrow c_i = \bigvee_{j=1}^n (b_{ij} \wedge y_j)$$

$$\bigvee_{i=1}^n a_i \text{ は } \max_{1 \leq i \leq n} \{a_i\}, \quad a \wedge b \text{ は } \min(a, b)$$

(例) h₁氏、h₂氏、h₃氏について '業績評価' だけの側面から人事評価を行うことにします。

$$B = \begin{matrix} & \begin{matrix} h_1 & h_2 & h_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.0 & 0.7 & 0.0 \\ 0.3 & 0.0 & 0.4 \\ 0.0 & 0.6 & 0.0 \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad X = (1, 1, 1)^T, \quad BOX = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.7 & 0.0 \\ 0.3 & 0.0 & 0.4 \\ 0.0 & 0.6 & 0.0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.7 \\ 0.4 \\ 0.6 \end{bmatrix}$$

3. ファジィ理論の基礎

3. 1 ファジィ積分 [2]

理解を容易にするために、人事評価を例に取り上げながらファジィ積分について説明する。

人事評価要素の集合を $S (= \{s_1, s_2, \dots, s_n\})$ とし、 s_i ($i=1, 2, \dots, n$) からみた被評価者 h_i の評価値を $E_{hi}(s_i)$ とする。以降、 $E_{hi}=E_{hi}(s_j)$ とおく。

ファジィ積分による総合評価値を求めるアルゴリズム

手順1. 各評価要素からみた人事評価値

$E_{hi}(j=1, 2, \dots, n)$ を大きい順に並びかえる。

手順2. 次式によりファジィ分布関数を求める。

$$H(s_j) = g_j + H(s_{j+1}) + \lambda g_j H(s_{j+1})$$

$$H(s_1) = g_1$$

手順3. 次式により総合評価値 h_w^i を求める。

$$h_w^i = \bigvee_{j=1}^n [E_{hi}^j \wedge H(s_j)]$$

[例題] ある被評価者をいくつかの評価要素の側面から評価を行い、人事評価値を求めることにします。評価要素として、 s_1 : 企画力 s_2 : 創意工夫力 s_3 : 決断力をとりあげることになります。このとき、これらの要素からみた評価値として、 $c_1=0.59$, $c_2=0.11$, $c_3=0.30$ が求められているものとし、さらに、 s_1, s_2, s_3 に対する重視度として、 $g(s_1)=0.447$, $g(s_2)=0.269$, $g(s_3)=0.284$ が与えられているものとする、個々の評価値はファジィ積分を用いて次のように求められる。

手順1 $c_i(i=1, 2, 3)$ を大きい順に並べかえる。

$$c_1 > c_3 > c_2 (0.59 > 0.30 > 0.11)$$

これを改めて $c_1 > c_2 (=c_3) > c_3 (=c_2)$ とおく。

手順2 手順1に対応して $g(s_i)$, ($i=1, 2, 3$) を並べかえると

$$g(s_1), g(s_3), g(s_2)$$

の順になる。

手順3 ファジィ分布関数を求める。

$$\text{例えば、}\lambda=0\text{のとき } H(s_1)=0.447, H(s_2)=0.731, H(s_3)=1.00$$

$$s_1 = \{\text{企画力}\}$$

$$s_2 = \{\text{企画力、創意工夫力}\}$$

$$s_3 = \{\text{企画力、創意工夫力、決断力}\}$$

手順4 評価値を求める。

ショケ積分による評価値

$$h = \sum_{i=1}^3 c_i \cdot \{H(s_i) - H(s_{i+1})\}$$
$$= 0.379$$

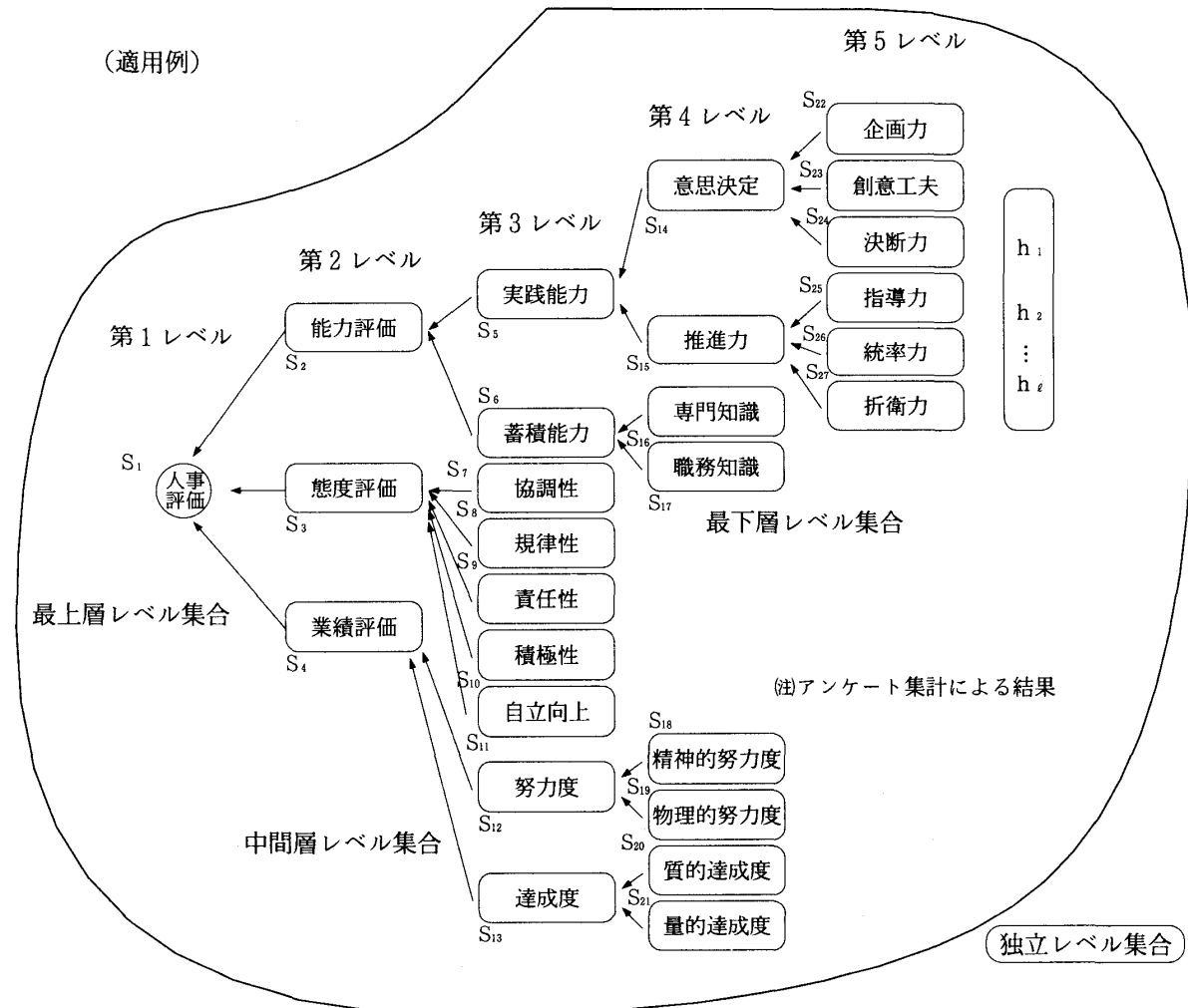
これより、実績値と評価要素の両面からみた評価値が得られたことになる。

3.2 システムとその構造化 [3], [4]

- (1)システム：A.D.Hall, Mesarovic, 近藤次郎の定義
- (2)システム・アナリシスとシステム・シンセシス：演繹的思考過程と帰納的思考過程
- (3)システム思考
- (4)システムと環境

推進力	物理的努力度	創意工夫力	折衝力
専門知識	質的達成度	決断力	達成度
職務知識	量的達成度	指導力	意思決定能力
精神的努力度	企画力	統率力	
人事評価	実績評価	責任性	
能力評価	蓄積能力	積極性	
態度評価	協調性	自律向上性	
業績評価	規律性	努力度	

↓ ←適用→ 評価要素構造の設計アルゴリズム

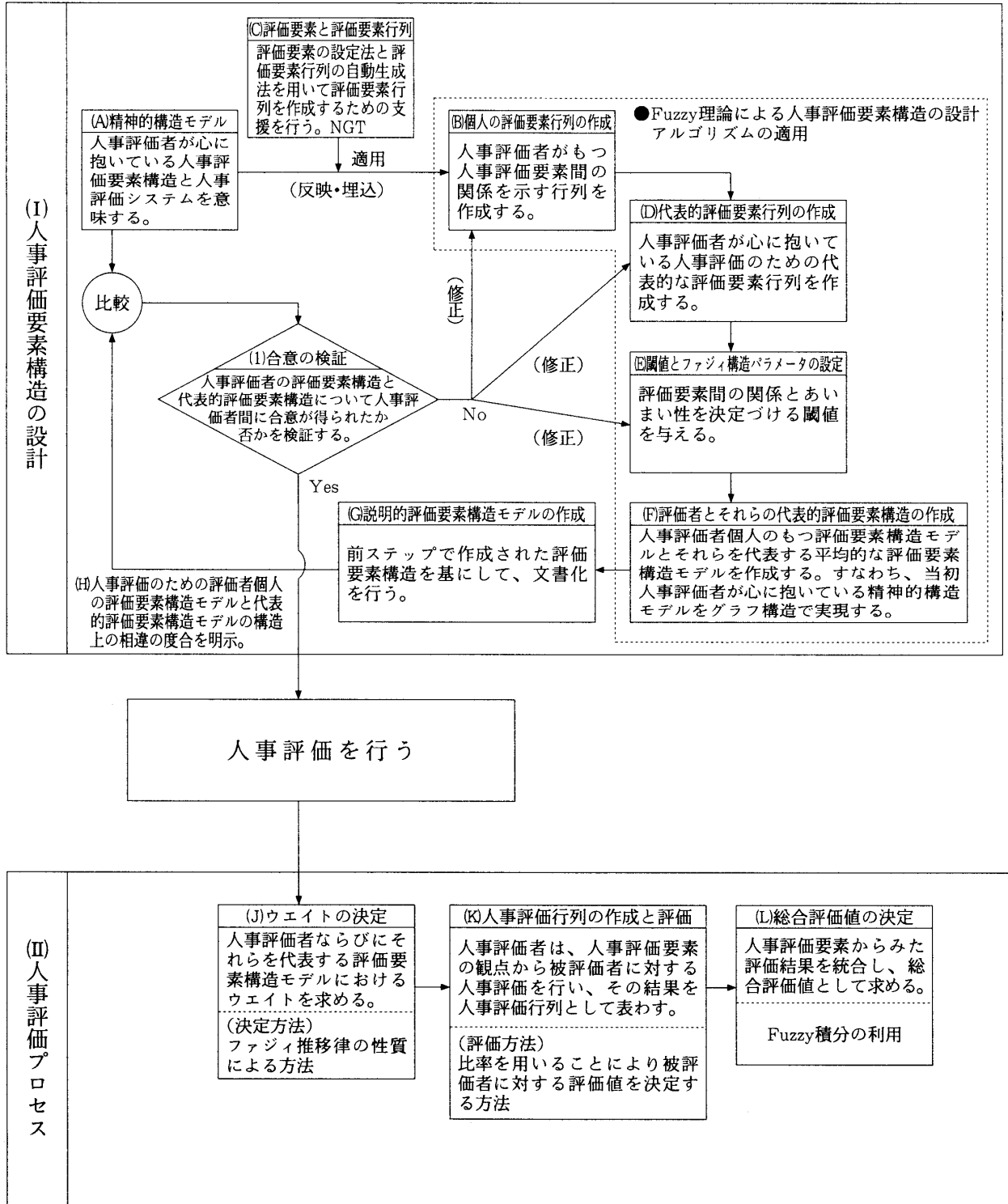


図表1 評価要素構造図

4. ファジィ理論の経営問題への応用

4.1 ファジィ人事評価 [5]

図表2 ファジィ評価プロセスの理解



[例題] 図表2で示した人事評価プロセスの実践

モデル A氏、B氏、C氏、D氏、E氏の特徴とその評価

(特徴)

A氏：精神的努力度もよく、蓄積能力もあるが達成度が伴わない。全体的に平均以上である。

B氏：態度評価は普通であるが、能力と業績評価の面でやや劣る。

C氏：一つ一つのことは確実にいき、達成度についてはある程度評価できるが、全体に対する働きかけが弱く、推進力や積極性に乏しい面がある。

D氏：能力評価、業績評価について優れているが協調性に乏しい。

E氏：能力的には企画力、創意工夫力、折衝力等はあるが、自律向上性、積極性を除いて特に優れたものはない。

各氏の特徴に基づいて、評価要素ごとに順位づけを行ったところ図表3のようになった。

図表3 特徴の順位づけ (モデル)

評価要素 評価者	S ₅₁	S ₅₂	S ₅₃	S ₅₄	S ₅₅	S ₅₆	S ₄₃	S ₄₄	S ₄₅	S ₄₆	S ₄₇	S ₄₈	S ₃₃	S ₃₄	S ₃₅	S ₃₆	S ₃₇	順位の単純合計
	企画力	創意工夫力	決断力	指導力	統率力	折衝力	専門知識	職務知識	精神力	物理力	質的達成度	量的達成度	協調性	規律性	責任性	積極性	自律向上性	
A	3	3	2	2	2	1	2	1	1	2	5	5	4	4	4	3	3	47
B	5	5	3	4	4	5	5	5	4	5	4	4	3	2	3	4	5	70
C	4	4	5	5	5	4	3	3	3	4	2	2	1	1	3	5	2	55
D	2	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	5	3	1	1	4	31
E	1	1	4	3	3	1	4	4	5	3	3	3	2	5	5	2	4	53

人事評価を行ううえでモデルの特徴とその順位づけ(図表3)は行う必要はない。この表はあくまで人事評価プロセスの妥当性を最終的にチェックし検証をするために作成している。

[評価要素からみた人事評価行列]

F ₃₃ =	S ₃₃	A	B	C	D	E
	A	0	5	3	6	4
	B	5	0	4	7	5
	C	7	6	0	8	6
	D	4	3	2	0	3
	E	6	0	5	7	0

 $\times \frac{1}{10}$

F ₃₄ =	S ₃₄	A	B	C	D	E
	A	0	4	3	5	7
	B	6	0	5	6	7
	C	7	5	0	6	7
	D	5	4	4	0	6
	E	4	3	3	4	0

 $\times \frac{1}{10}$

たとえば、行列F₃₃において、要素(A, B) = 5は、S₃₃の観点からみてAがBより0.5程度選好されることを示す。ここで、Aは行を、Bは列を示す。

同様に、上記の評価要素からみた人事評価行列を作成する。

図表 4 は評価要素別被評価者の評価値を示している。

図表 4 評価要素別被評価者の評価値 (モデル)

評価要素	行列	評価値 = (A氏、B氏、C氏、E氏、D氏)
協 調 性	F ₃₃	E ₃₃ = (0.18, 0.21, 0.25, 0.13, 0.25)
規 律 性	F ₃₄	E ₃₄ = (0.18, 0.23, 0.24, 0.19, 0.15)
責 任 性	F ₃₅	E ₃₅ = (0.18, 0.18, 0.29, 0.24, 0.17)
積 極 性	F ₃₆	E ₃₆ = (0.18, 0.17, 0.14, 0.26, 0.25)
自律向上性	F ₃₇	E ₃₇ = (0.19, 0.17, 0.22, 0.19, 0.23)
専 門 知 識	F ₄₃	E ₄₃ = (0.24, 0.16, 0.19, 0.24, 0.19)
職 務 知 識	F ₄₄	E ₄₄ = (0.23, 0.17, 0.20, 0.22, 0.18)
精神的努力度	F ₄₅	E ₄₅ = (0.25, 0.17, 0.20, 0.23, 0.16)
物理的努力度	F ₄₆	E ₄₆ = (0.23, 0.16, 0.18, 0.24, 0.19)
質的達成度	F ₄₇	E ₄₇ = (0.15, 0.19, 0.23, 0.25, 0.20)
量的達成度	F ₄₈	E ₄₈ = (0.13, 0.16, 0.25, 0.26, 0.20)
企 画 力	F ₅₁	E ₅₁ = (0.19, 0.15, 0.15, 0.23, 0.20)
創意工夫力	F ₅₂	E ₅₂ = (0.20, 0.14, 0.16, 0.22, 0.28)
決 断 力	F ₅₃	E ₅₃ = (0.23, 0.20, 0.16, 0.24, 0.17)
指 導 力	F ₅₄	E ₅₄ = (0.23, 0.17, 0.15, 0.25, 0.19)
統 率 力	F ₅₅	E ₅₅ = (0.22, 0.18, 0.13, 0.27, 0.20)
折 衝 力	F ₅₆	E ₅₆ = (0.23, 0.16, 0.18, 0.22, 0.21)

図表 4 と評価要素のウェイトを用いて、 $\lambda = 0$ の場合のファジィ積分を行ったところ次のようになった。

$$H_w = E \cdot W_i$$

$$= [E_{33}^T E_{34}^T E_{35}^T E_{36}^T E_{37}^T E_{43}^T E_{44}^T E_{45}^T E_{46}^T E_{47}^T E_{48}^T E_{51}^T E_{52}^T E_{53}^T E_{54}^T E_{55}^T E_{56}^T] \cdot W_i$$

$$= \begin{pmatrix} 0.198 \\ 0.175 \\ 0.208 \\ 0.240 \\ 0.204 \end{pmatrix}$$

またこの結果を、最大値を10としてスケール変換を行うと図表 5 が得られた。

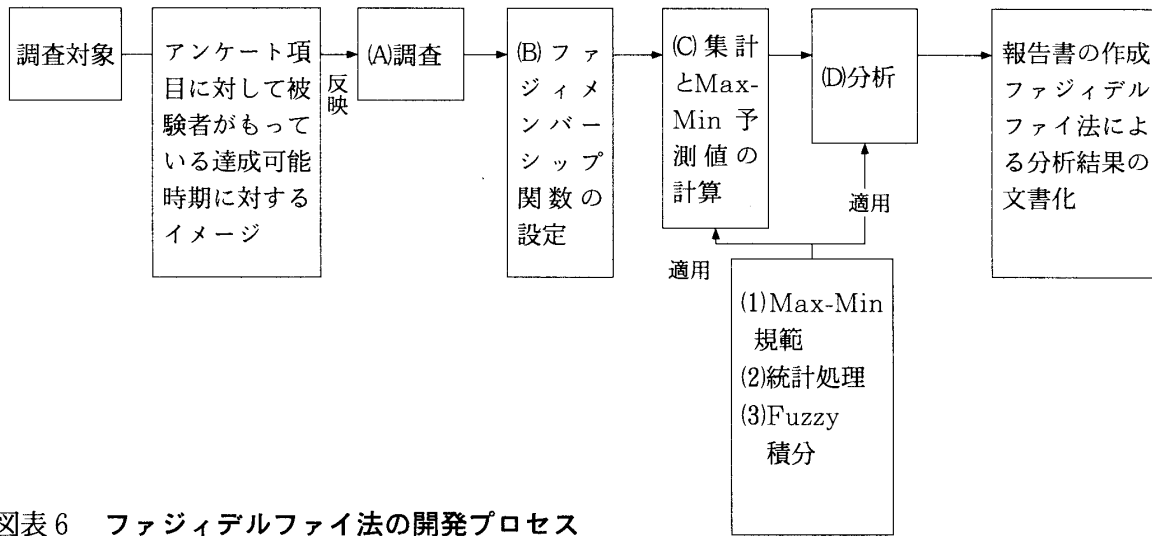
図表 5 総合表価値

被評価者	A氏	B氏	C氏	D氏	E氏
総合評価値	8.3	7.3	8.7	10.0	8.5
	④	⑤	②	①	③

この結果、D氏が最もよい評価を得たことになる。

4.2 ファジィデルファイ法による予測 [6]

技術予測の方法の一つとして、デルファイ法がある。ここでは、ファジィ理論を適用した方法について述べる。図表6はファジィデルファイ法のプロセスを示している。



図表6 ファジィデルファイ法の開発プロセス

本方法は、図表7で示すアンケート調査方法とその集計方法にファジィ理論を適用し、被験者の意思決定を合理的に処理することに特徴がある。

図表7 アンケート調査用紙

例 それぞれの項目について イ) 実用化の対象としての重要度 ロ) 実用化される時期 —— 実用化が不可能な時期 ハ) あなたの専門性 について、あなたのお考えをご回答ください。	イ) 実用化の重要度	ロ) 実用化の時期		ハ) あなたの専門性
	10点 0点 (非常に重要) (全く重要でない)	ロ) -1 絶対実用化が不可能な時期 (19××)年頃まで	ロ) -2 確実に実用化される時期 (19〇〇)年頃から	10点 0点 (高い) (ない)
	※10～0点の尺度でご記入ください	※西暦でご記入ください		※10～0点の尺度でご記入ください
①人間からの言語と表情のコミュニケーションの矛盾に対応する制御システムの実用化	()	()年まで	()年から	()
②人間との高い親和性をもった定性推論による事前制御システムの実用化	()	()年まで	()年から	()
③常識や、日常言語に基づく推論を得意とするコンピュータの実用化	()	()年まで	()年から	()

表において

(イ) 実用化の重要度：0から10点までの尺度で記入し、実用化の観点から項目が非常に重要な場合には10点を、全く重要でない場合には0点を記入する。それらの中間にある場合には、0～10

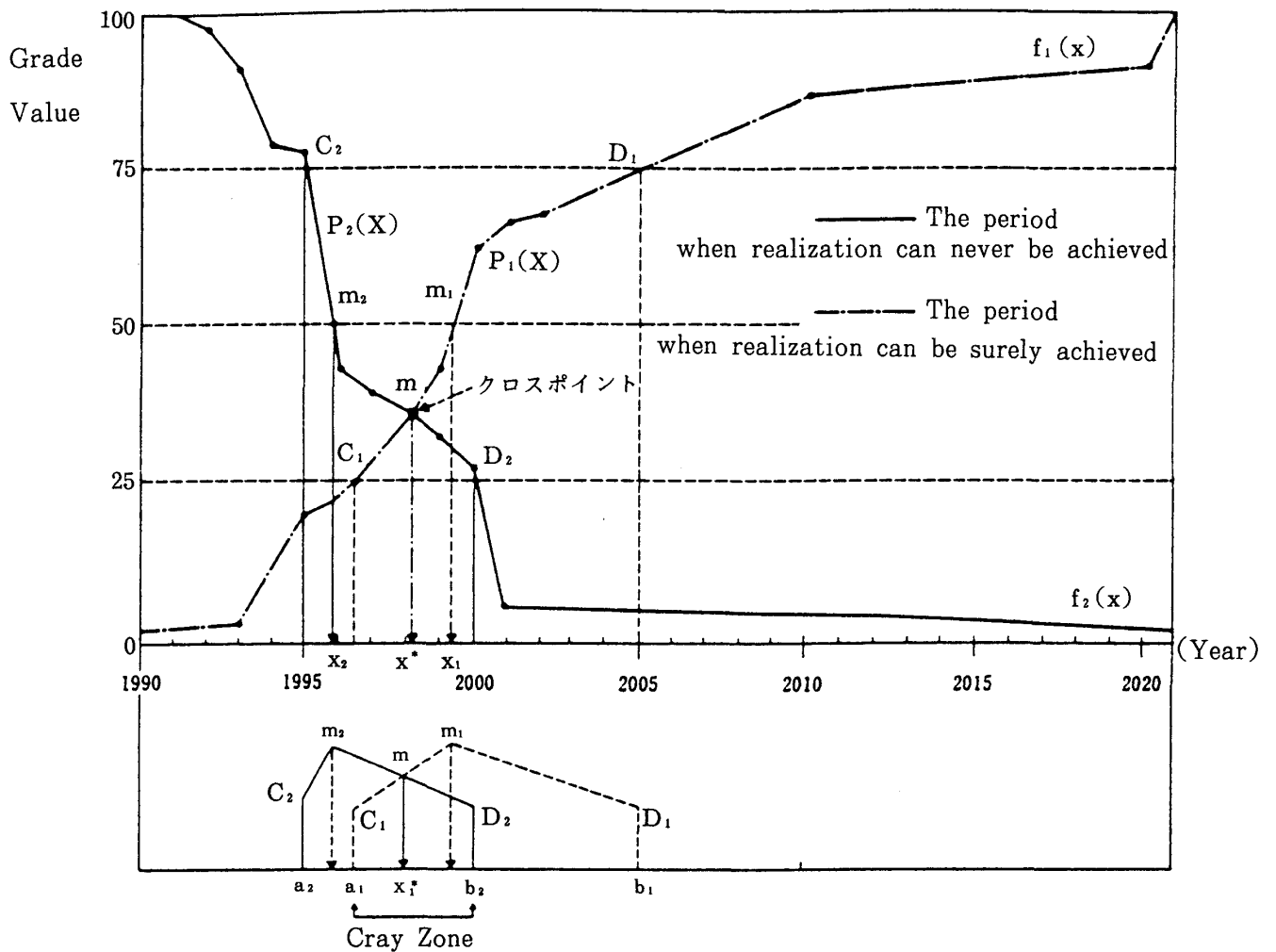
点までの間の数値を記入する。

(ロ) 実用化の時期：絶対に実用化が不可能な時期については、西暦で“(19XX)年頃まで”と具体的に記入し、同様に確実に実用化される時期を“(19〇〇)年頃から”と記入する。

(ハ) あなたの専門性：被験者の当該アンケート項目に対する専門性を、専門性が全くない場合には0点を、専門性が高い場合には10点を記入する。それらの中間にある場合には0～10点までの間の数値を記入する。

図表8は、“確実に実用化されるであろう時期”に関するメンバーシップ関数 $F_1(x)$ と“絶対に実用化が不可能な時期”に関するメンバーシップ関数 $F_2(x)$ および達成可能な予測時期 x^* を示している。

図表8 メンバーシップ関数の設定と予測値



ファジィデルファイ法のアルゴリズム

ファジィメンバーシップ関数の設定法とMax-Min予測値

専門性（度）ごとに n 人の被験者のデータからアンケート項目に関するファジィメンバーシップ関数を設定する。

[メンバーシップ関数とMax-Min予測値を求めるアルゴリズム]

手順1 累積度数分布表を作る。

$f_1(x)$: 確実に実用化される時期を示す関数

$f_2(x)$: 絶対に実用化が不可能な時期を示す関数であり、 $f_1(x)$ 、 $f_2(x)$ のいずれも累積度数分布である。

手順2 $f_1(x)$ と $f_2(x)$ のそれぞれについて、下側四分位数と上側四分位数を求め、それらを示す点を、 (C_1, D_1) および (C_2, D_2) とする。さらに、 $f_1(x)$ と $f_2(x)$ に対する中央値を与える点をそれぞれ m_1 と m_2 とする。このとき“実用化される時期”を示すメンバーシップ関数と“絶対に実用化が不可能な時期”を示すメンバーシップ関数は、それぞれ C_1, m_1, D_1 を結ぶ線分 $P_1(x)$ と C_2, m_2, D_2 を結ぶ線分 $P_2(x)$ で示される。

これより、確実に実用化されるであろう時期を示す領域は、 $P_1(x)$ の定義域、区間 $[a_1, b_1]$ であり、その実用化に対する推定時期となる。 $x_1 (\in [a_1, b_1])$ は、実用化の時期の可能性が最も高い時期を示している。同様に、“絶対に実用化が不可能な時期”を示す領域は、 $P_2(x)$ の定義域、区間 $[a_2, b_2]$ であり、不可能な時期に対する推定時期となる。 $x_2 (\in [a_2, b_2])$ は絶対に不可能な時期の中で最も高いメンバーシップ値を示している。

手順3 Max-Min ($P_1(x), P_2(x)$) を実行することによりMax-Min予測値 x^* を求め、これを“確実に実用化される時期”と“絶対に実用化が不可能な時期”を考慮したうえで実用化されるであろう予測時期（解）とする。ここで C_1, m, D_2 を結ぶ線分が、 $P_1(x)$ と $P_2(x)$ を合成したメンバーシップ関数である。このときの m をクロスポイントとよび、メンバーシップ関数の定義域をグレーゾーンとよぶ。したがって、Max-Min予測値は、グレーゾーンに属し、“確実に実用化される時期”と“絶対に実用化が不可能な時期”のメンバーシップ関数が等しい点を示していることがわかる。いかえれば信頼度が最も高い時期に相当するともいえる。一方、Max-Min予測値については、次の式を用いても求められる。

$$\text{Min Max } (f_1(x), f_2(x)) \\ x^*$$

手順4 手順1から3までの手順を用いて、あるアンケート項目に関して、専門度ごとに得られたMax-Min予測値と、その値を与えるメンバーシップ関数およびその専門度を用いてファジィ積分を行い、専門性を考慮した当該アンケート項目の総合的な実用化の時期を予測する。

メンバーシップ関数については、アンケートを区間でとり、三角型のメンバーシップ関数を設定する方法など考えられるが、これについては今後の検討課題として残されている。

4.3 ファジィ回帰分析による予測 [7]

観測値 X_{ij} 、($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)と被説明変数 Y_i がファジィであり、さらにパラメータ A_i がファジィである回帰式は次のように与えられる。

モデル

$$Y_i = A_1 X_{i1} + \dots + A_n X_{in}, (i = 1, \dots, m)$$

ここで X_{ij} と Y_i および A_i が次のように表わされるものとする。

$$\mu_x(z) = L((z-x)/d), \quad d > 0$$

$$\mu_y(z) = L((z-y)/e), \quad e > 0$$

係数 A_j ($j = 1, \dots, n$)は対称で正規なファジィ数 $(a_j, c_j)_L$ である。

このとき、ファジィ回帰問題は次に示すMin問題とMax問題を解くことによりパラメータ a_i, c_i ($i = 1, 2, \dots, m$)を求める問題となる。

Min問題

$$\left. \begin{aligned} \min_{\underline{a}, \underline{c}} J(\underline{a}, \underline{c}) &= \Sigma(\underline{a}' | L^{-1}(0) | \underline{d}_i + \underline{x}_i' | L^{-1}(0) | \underline{c}) \\ y_i - L^{-1}(h) | e_i &\geq (\underline{a} - | L^{-1}(h) | \underline{c})' (\underline{x}_i - | L^{-1}(h) | \underline{d}_i) \\ y_i + L^{-1}(h) | e_i &\leq (\underline{a} + | L^{-1}(h) | \underline{c})' (\underline{x}_i + | L^{-1}(h) | \underline{d}_i) \end{aligned} \right\}$$

Max問題

$$\left. \begin{aligned} \max_{\underline{a}, \underline{c}} J(\underline{a}, \underline{c}) &= \Sigma(| L^{-1}(0) | \underline{a}' \underline{d}_i + | L^{-1}(0) | \underline{x}_i \underline{c}) \\ y_i - L^{-1}(h) | e_i &\leq (\underline{a} - | L^{-1}(h) | \underline{c})' (\underline{x}_i - | L^{-1}(h) | \underline{d}_i) \\ y_i + L^{-1}(h) | e_i &\geq (\underline{a} + | L^{-1}(h) | \underline{c})' (\underline{x}_i + | L^{-1}(h) | \underline{d}_i) \end{aligned} \right\}$$

[例題] 予測売価モデルへの適用

$$Y_i = A_0 + A_1 X_{i1} + A_2 X_{i2} + A_3 X_{i3}, i = 1, \dots, 10$$

図表9 オーバーヘッド・コンベアの標準的売価と代表的設計特性値

No. <i>i</i>	標準的売価 Y_i (千円)		全長 X_{i1} (m)		モーター馬力 X_{i2} (kW)		カーブ数 X_{i3}	
	中心	幅	中心	幅	中心	幅	中心	幅
1	4043.4	1205.3	90.9	27.6	2.6	1.5	11	3
2	4816.4	1452.6	149.7	45.0	3.7	1.1	5	2
3	5128.2	1549.6	152.8	41.3	2.9	1.8	10	4
4	5772.3	1760.9	185.7	57.3	2.9	1.8	10	6
5	6408.2	1920.5	209.8	63.6	3.7	1.7	12	5
6	6840.4	2120.3	219.3	69.0	3.8	1.2	15	9
7	8301.4	2480.7	269.6	74.6	3.7	1.8	23	7
8	10828.3	3268.6	392.2	94.6	5.6	2.3	24	8
9	11992.6	3495.6	455.0	132.6	5.6	2.3	24	8
10	13004.3	3915.6	473.4	131.0	5.5	2.1	34	10
11	6105.8	1815.3	203.8	64.1	3.2	1.5	10	4
12	11382.5	3103.2	413.6	101.5	5.4	2.0	26	8

図表9において、たとえばNo.1のデータは、全長が68.3mから118.5m、モーター馬力が1.1kWから4.1kW、カーブ数が8から14であり、このとき標準売価として、中心が3.4(千円)で幅が1205.3(千円)である。換言すれば、2838.1(千円)から5248.6(千円)であることを示している。図表9のように与えられた測定値に対してモデルを適用したところ次のような結果が得られた。

図表10 Min問題とMax問題の解

	A_0		A_1		A_2		A_3	
	中心	幅	中心	幅	中心	幅	中心	幅
Min問題	1083.1	0	17.1	0.72	199.4	55.64	74.5	0
Max問題	1278.4	0	18.8	0	152.0	0	51.7	9.76

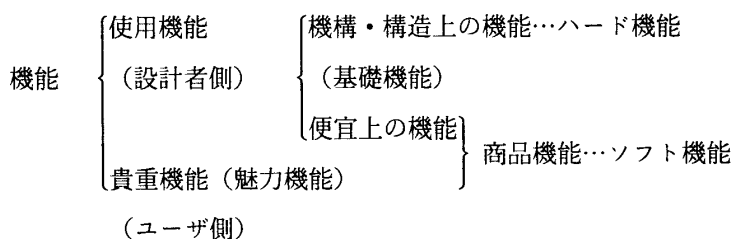
図表11 チェック用データ

No.	Y_i	\bar{Y}_i	\underline{Y}_i
11	[4653.6, 7558.0]	[4419.7, 7648.5]	[4748.2, 7528.2]
12	[8900.0, 13865.1]	[8624.4, 13950.4]	[8965.4, 13572.7]

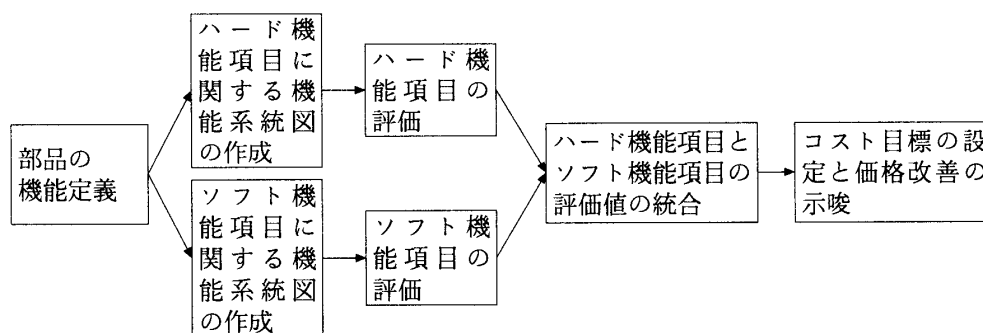
これよりこの解は、区間をもった結果を示しており幅をもった予測値を得ることができることがわかる。

4. 4 製品機能のファジィ評価 [8]

機能は一般的に次のように分類される。



ある物の価値を評価する場合の機能評価プロセスは図表12で示される。



図表12 機能評価システム

価値指数 (V) は機能とコストの関係において、次式で定義される。

$$\text{価値指数 (V)} = \text{機能} / \text{コスト}$$

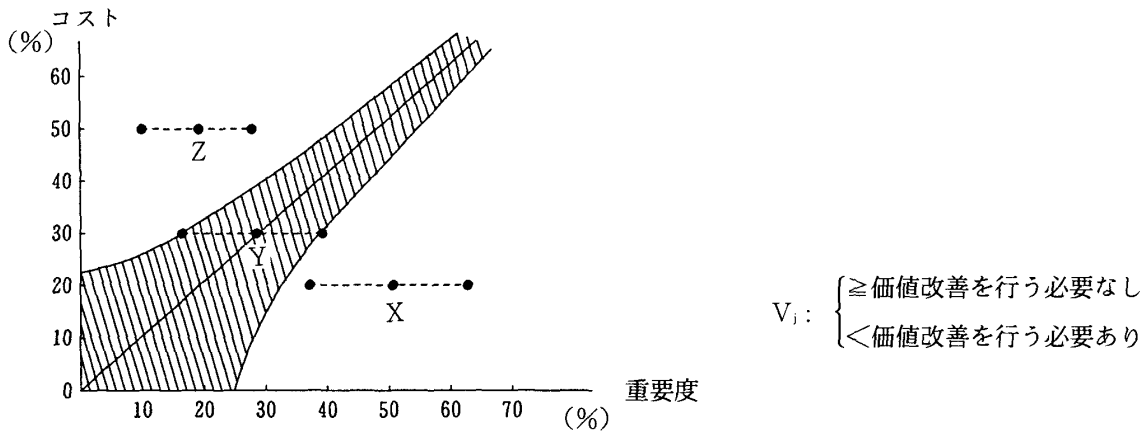
たとえば、図表13は機能重要度とコストとの関係が、構成部品 X、Y、Z のそれぞれについて求められていることを示す。

図表13 機能重要度とコストの例

(単位:%)

構成部品	機能重要度 (v.i)	コスト (C)
X	50	20
Y	30	30
Z	20	50

これを価値管理図で表わすと図表14のようになる。

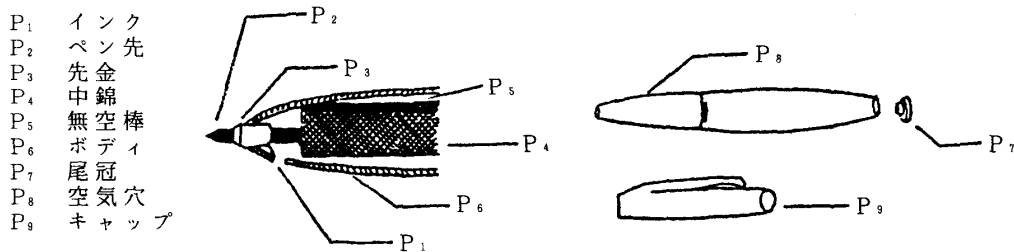


図表14 価値管理図 (斜線部分：最適な領域)

このとき、部品Xは機能重要度に比べてコストも安く、価値改善を図る必要はない。Yは機能重要度とコストとのバランスがよくXと同様、価値改善を図る必要はない。部品Zは、コストに比べて重要度が低く価格改善を図る必要があることを示している。

[例題] マークペンの機能評価への適用

マークペンの構成部品は図表15で示される。



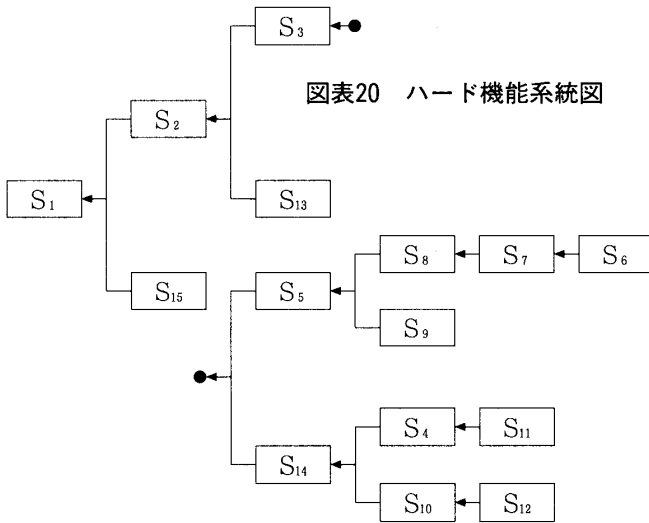
図表15 マークペンの構成部品

また、マークペンのハード機能とソフト機能は図表16と図表17で示される。

図表16 ハード機能の定義

S ₁ : マークをつける	S ₉ : インクもれを防ぐ
S ₂ : インクを保つ	S ₁₀ : 内蔵品を保持する
S ₃ : インクを導く	S ₁₁ : 先金を固定する
S ₄ : ペン先を固定する	S ₁₂ : 尾冠を保持する
S ₅ : インクを貯める	S ₁₃ : インクの蒸発を防ぐ
S ₆ : 軸の中に空間を作る	S ₁₄ : 中錦とペン先を結合する
S ₇ : 空気を流通させる	S ₁₅ : ペン先を保護する
S ₈ : 内蔵品を保護する	S = {S _i , i=1, 15}

このとき、たとえばハード機能の系統図は図表20で示される。



このように機能系統図を作成することにより矛盾のない評価結果を得ることができる。図表18は図表17で示された機能系統図を用いて、機能と項目の重要度を求めたものである。

図表18 ハード機能の重要度

ハード機能	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	Total
重要度 (K _h)	16.2	13.6	12.5	5.3	8.3	4.1	5.3	6.7	3.9	3.9	3.3	3.0	4.6	6.0	3.3	100.0%

図表19はソフト機能項目の重要度を示している。

図表19 ソフト機能の重要度

ソフト機能	R ₁				R ₂	R ₃			R ₄					R ₅					Total
	h ₁₁	h ₁₂	h ₁₃	h ₁₄		h ₃₁	h ₃₂	h ₃₃	h ₄₁	h ₄₂	h ₄₃	h ₄₄	h ₄₅	h ₅₁	h ₅₂	h ₅₃	h ₅₄	h ₅₅	
重要度 (K _s)	5.5	6.2	5.9	5.8	17.4	3.7	3.6	6.1	3.8	4.9	4.6	5.5	5.0	3.7	3.9	3.5	5.8	4.7	100.0%

図表21は構成部品のもつハード機能の割合を、主観的にかつ経験的に与えたものである。同様に、構成部品のもつソフト機能についてもその割合を与える必要がある。

図表21 構成部品のもつハード機能の割合

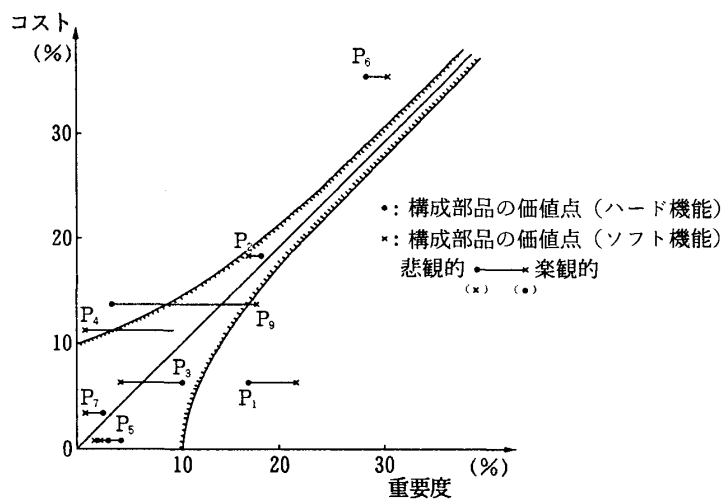
機能 部品	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	
	16.2	13.6	12.5	5.3	8.3	4.1	5.3	6.7	3.9	3.9	3.3	3.0	4.6	6.0	3.3	100%
P ₁	35	40	33					15					20		5	17.3
	5.7	5.4	4.1					1.0					0.9		0.2	
P ₂	35	60	33										6			18.3
	5.7	8.2	4.1										0.3			
P ₃	10		10	100				10					4	30		10.9
	1.6		1.3	5.3				0.7					0.2	1.8		
P ₄			6		100			10								9.7
			0.7		8.3			0.7								
P ₅			4			50	32	10								4.9
			0.5			2.0	1.7	0.7								
P ₆	20		10			50	32	30	90	90	100	100	50	50		28.8
	3.2		1.3			2.1	1.7	2.0	3.5	3.5	3.3	3.0	2.2	3.0		
P ₇								5	10	10			10	20		2.8
								0.3	0.4	0.4			0.5	1.2		
P ₈			4				36	15								3.4
			0.5				1.9	1.0								
P ₉								5					10		95	3.9
								0.3					0.5		3.1	

図表22は構成部品の価値指数を、ハード機能とソフト機能のそれぞれについて示している。

図表22 構成部品の価値指数

	コストの割合 (CP _i)	ハード機能		ソフト機能	
		重要度 (K _h)	価値指数 (V _h)	重要度 (K _s)	価値指数 (V _s)
P ₁ ; インク	6.9	17.3	2.51	22.0	3.19
P ₂ ; ペン先	18.5	18.3	0.99	16.9	0.91
P ₃ ; 先金	6.5	10.9	1.68	5.2	0.80
P ₄ ; 中錦	11.6	9.7	0.84	1.2	0.10
P ₅ ; 無空棒	1.2	4.9	4.08	2.0	1.67
P ₆ ; ボディ	36.3	28.8	0.79	31.0	1.67
P ₇ ; 尾冠	3.9	2.8	0.72	1.7	0.44
P ₈ ; 空気孔	1.1	3.4	3.09	2.2	2.00
P ₉ ; キャップ	14.0	3.9	0.23	17.8	1.26
計	100.0%	100.0%		100.0%	

図表23は例題の結果を価値管理図で示したものである。この図において、 P_6 は価値改善を図る必要がある。 P_9 はハード機能の面から価値改善を、同様に、 P_4 はソフト機能の面から価値改善を測る必要があることを示している。



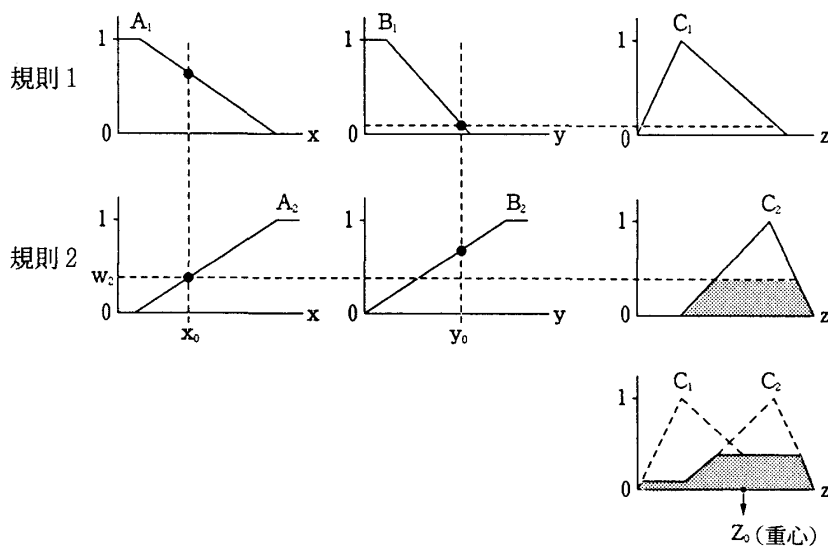
図表23 ハードとソフト機能の両面からみた価値管理図

4.5 ファジィ推論とコンピュータ [9]

ファジィ推論は、いくつかのIF THENからなる規則をメンバーシップ関数で与え、それらを組み合わせることにより実行し推論結果を得る。たとえば、規則1と規則2が次のように与えられ、それらのメンバーシップ関数が図表24のように与えられているものとする。

規則1 IF x is A_1 and y is B_1 THEN z is C_1

規則2 IF x is A_2 and y is B_2 THEN z is C_2



図表24 推論プロセス

このとき、ある任意の入力 x_0 、 y_0 に対する推論結果として z_0 を得ることができる。これを推論プロセスとして示すと次のとうりである。

推論プロセス

step 1 (x_0, y_0) の入力に対する各規則の適合度を、次のように求める。

$$\text{規則 1 の適合度 } W_1 = \mu_{A_1}(X_0) \wedge \mu_{B_1}(Y_0)$$

$$\text{規則 2 の適合度 } W_2 = \mu_{A_2}(X_0) \wedge \mu_{B_2}(Y_0)$$

step 2 step 1 で求めた適合度を後件部のファジィ集合に反映させて、個々の規則の推論結果を求める。

$$\text{規則 1 の推論結果 } \mu_{C_1}(z) = W_1 \wedge \mu_{C_1}(Z) \quad \forall z \in Z$$

$$\text{規則 2 の推論結果 } \mu_{C_2}(z) = W_2 \wedge \mu_{C_2}(Z) \quad \forall z \in Z$$

step 3 step 2 で求めた個々の規則の推論結果を集めて、次のような最終的な推論結果を求める。

$$\text{最終的な推論結果 } \mu_c(Z) = \mu_{C_1}(Z) \vee \mu_{C_2}(Z)$$

ここで示した推論プロセスを具体的な価値分析に適用し、妥当性について検討する。

5. おわりに

本講座では、ファジィネスとそれに基づくファジィ理論の基礎について述べ、さらにその経営問題への適用可能性について、具体的な問題を例にとり上げながら述べた。

本講座では、限られた時間ですべてについて詳述することはできなかったが、ファジィ理論の考え方について理解され、今後の参考にしていただければ幸甚である。

[参考文献]

- [1] L.A.Zadeh, Fuzzy Sets, Information and control 8 (1965) 338-353.
- [2] 菅野道夫, Fuzzy測度とFuzzy積分、計測自動制御学会論文集、Vol. 8 No. 2 (1972) 218-226.
- [3] 野本、寺野編、システム理論、日刊工業新聞社(1971)
- [4] 天笠美知夫、システム構成論－ファジィ理論を基礎として－、大東文化大学経営研究所研究叢書 3、森山書店(1986)7-86.
- [5] 天笠美知夫、花岡正夫、Fuzzy理論による人事評価システムの設計－その2－、大東文化大学経営研究所リサーチペーパーNo.10 March(1989).
- [6] A.Isikawa, M.Amagasa et.al., The Max-Min Delphi Method and Fuzzy Delphi Method via Fuzzy Integration, Fuzzy sets and Systems 55(1993)241-253.
- [7] M.Amagasa, G.Tomizawa and H.Inoue, Formulation of a Sale Price Prediction Control Model based on Fuzzy Regression Analysis, The Proceedings of First Asian Control Conference in Tokyo, July 29(1994).
- [8] 天笠美知夫、田中雅康、設計段階における機能評価システムの設計、日本バリューエンジニアリング協会、VE研究論文集 Vol. 17(1986)99-104
- [9] 田中一男、応用をめざす人のためのファジィ理論入門、ラッセル社(1991)123-175.