

ファジー経営情報管理システムの可能性

勝 木 太 一

概 要

経営行動における発生データや分析データが人間の行動の曖昧さに根ざしており、それをモデル化するためにはファジーモデリングが最適なものではないか。また、特に経営活動を支援するシステムがファジーシステムとして成立し得るものか、また、それがこれまでの経営システムに対して、どのようなメリットを有するものであるかということ考察することが本論文の中心的なテーマである。

1. はじめに

コンピュータの経営環境での活用は、MIS の提唱以来、非常に多岐にわたるものとなり、DSS (意思決定支援システム)、SIS (戦略情報システム)をはじめ、その他多くのロジスティックス・システムなどが活用されてきた。このような形でのコンピュータの導入は、大型コンピュータとそれにつながる端末での利用を中心としたものから、パソコンの出現とその性能の向上によって、コンピュータが個人ツールとなるや、利用形態に大きな変化が求められるようになった。

すなわち、エンドユーザーコンピューティング (EUC) が全般的にコンピュータ利用の前提となり、そのためのインターフェースが OS と結びつきつつ発達し、個人ツールとしてパソコンのネットワークが個人と個人を結びつけ、グループ活動やその意思決定に用いられているのはもちろん、個人と組織・社会にも結びつき個人のコミュニケーションや経済活動などにも大きなウェイトを占めるようになってきたのである。

したがって、経営環境での情報システムのあり方も、当然大きく変化するものと考えられ、特にネットでの個人との結びつきが互いに影響しあい、また、そのための修正などが同じ経営環境下で頻繁に生じることが考えられる。このようなことが、経営情報システムの対象である様々な数値に揺らぎを内在させることになり、その処理についても何らかの対応が求められるものとなっている。

このような揺らぎは、上記のような情報システムの個人への対応の結果であり、したがって、人間行動の様々な要因によって形成されるものであり、単に「確率論」によってこの揺らぎを処理して良いものかどうか再考しなければならないところである。そのために、ファジー理論やファジー数学によるフォローを考えても良いのではないであろうか。以下この問題について考察を進めることにしよう。

2. 今後の経営情報システムの課題

コンピュータの経営環境への活用が進められた当初は、DSS、SISをはじめ、その他多くのロジスティクス・システムなどは、大型コンピュータとそれにつながる端末での利用が中心であったが、パソコンの出現とその性能の向上によって、コンピュータが個人ツールとなるや、そのインターフェースがOSと結びつきつつ発達し、そのネットワークが個人と個人を結びつけ、グループ活動やその意思決定に用いられるのはもちろん、個人と社会の結びつきにも活用され、個人のコミュニケーションや経済活動などにも大きなウェイトを占めるようになってきた。

このようなパソコンの個人活用が、コンピュータの活用形態の質を大きく変化させたことは周知のところである。さらに技術的發展によってコンピュータ接続やそのあらゆる機能での結合が深化し、あらゆる社会活動でのコンピュータ支援を可能とするものとなってきた。これは「ユビキタス社会」と言われる社会の実現を示すものであり、この「ユビキタス社会」の到来がコンピュータ活用の形態とその質をさらに大きく変化させるものである。その場合、経営環境での情報システムのあり方も、当然大きく変化するものと考えられる。

上記のようなユビキタス・コンピューティングが実現されれば、人間の活動のあらゆる面で、コンピュータが活用されるということから、さらに一歩進めて、活動の支援・制御・ネットワークングを通じて生じるデータが、即相互に活動の支援・制御・ネットワークングに活用されもっとも効率の高い活動が形成されるという特徴を定義することができる。

したがって、少し以前のコンピューティングが、「作業効率の向上」「生産性の向上」を中心としていたのに対し、今後のコンピューティングは「個人生活面でのコンピューティング」が付加され、インターネットをはじめ、様々に発生するデータの個人利用などに見られるように「データ活用」が大きなウェイトを占めるようになる。これは同時に、生産・販売・消費が一貫したデータの配信・受信・管理によって効率化され、サービスの提供とサービスの需要が相互にフィードバックして形成されるというシステム化を可能にするものである。

例えば、EOS（電子発注システム）やPOSシステムが個人の配信するデータと結びつき、また、Eトレードなどが活発化し、それらの結合によってさらに緻密な生産・販売・消費が有機的に関連し変質していくことを可能とするのである。すなわち、消費者の購買行動が、POSシステムのレベルのみでなく、クレジットカードやEマネーの利用によって、より大きな便益を享受できるとともに逆にデータを配信することになり、販売と消費（購買）さらには生産の一貫した管理へと進展することになり、EOSやPOSといった生産者や販売者である企業の生産・販売管理の効率化を目的とするものから、消費にまで一貫した管理システムの成立が求められるものとなってくるのである。

このようなコンピューティングの質的变化は、DSSや戦略情報システムなどの活用目標も質的に変化しGDSSへ、またESSおよびBPRといった経営情報システムやプロセスの展開と

なっていく、さらに一歩進めて、人間の活動のあらゆる面でコンピュータが活用されるという点から人間行動を通じて生じるデータが、即時に相互に活動の支援・制御・ネットワークに活用されもっとも効率の高い活動が形成されるということにつながるのである。具体的には、SIS や DSS のシステムはその利用者の利用権限に基づいて利用できる機能を解放し、利用者の DSS に対するインプットデータやシステム利用によって生成された情報がデータベースなどに取り込まれ、それが即時に他の DSS 利用者によっても活用できるものとなるということである。また、外部からのデータについても、必要な場合は公共のデータベースを含めて即時に活用できるようにデータベースに取り込むことが可能なこと、DSS の活用の過程でロジスティックス・システムにおいて生成活用されたデータなどは（例えば電子タグデータや POS データ、物流データなど）はデータ発生とほぼ同時に取り込まれてデータベース上で利用可能なものとなっていることが求められる。このようなことを可能にするために、これまでの DSS や GDSS などにさらに多くのインターフェースやシステムが用意されることになる。

このような形で DSS や SIS が発達することは、企業活動全体の効率化を大きく進展させるだけでなく、経営行動にまで大きな影響を与え、さらに大きな企業組織に影響を与えるものとなることが考えられる。すなわち、現在のような企業組織、特に事務的な組織は、上記のような DSS の実現によって企業内や部門内での報告作業の多くは省力化されるであろうし、従業員形態も出社などを必要としなくなる点も多くなり、在宅や非出社形式の従業員も可能となり、建物という箱物を持たない会社組織・部門組織の出現も考えられるようになる。また、さらに進んで、バーチャルな雇用形態さえ可能となるのである（「ユビキタス社会に求められる経営情報管理システム」, Review of Economics and Information Studies Vol.9 No.1・2 参照）。

3. ファジー・データとして経営指標を把握する意義

経営情報システムにおいて活用されるデータには、本来非常に多くの変動が含まれている。確率モデルではこれらの多く変動を、ある一定の説明要因で処理できない場合にはノイズとして処理する。また一定の要件で説明できないものは捨象の対象とされることが多い。したがって、そのような変動などは、本来の数値から外れたものとされるのである。しかし、よく考えてみると、ある一定の条件下でそのような変動の本質が説明されないだけではないであろうか。

したがって、このような変動の多くを説明するためには、それらを説明できる条件が対象のモデルなどに付加されていなければならない。これはそれだけ多くの情報処理量を必要とされることであり、その処理を複雑化させるものなのである。これが多くの変動等を捨象する遠因と考えるならば、システム自体が、或意味おおまかな、また限られた情報量による情報処理を前提するものとなっているということである。

このように考えたとき、むしろ多くの変動をデータの揺らぎと考えて、その揺らぎを含んだ

データを扱える手法を採択する意義を認識すべきであろう。

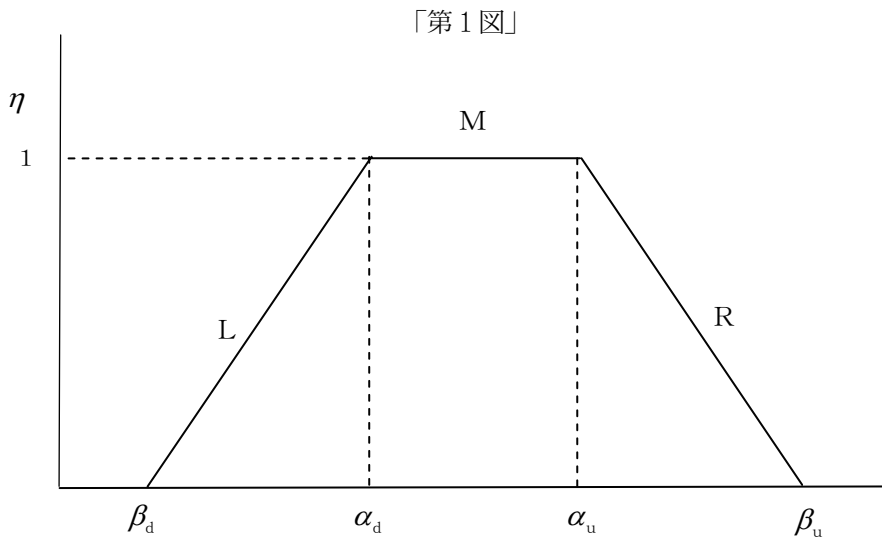
すなわち、データの揺らぎを確率モデルのように確率収束を前提するものではなく、その揺らぎを人間行動の範囲にあるものと考えらるということである。

このようなデータ、すなわちファジー・データについて、少し説明しておくことにしよう。

a (ファジー測度—可能性と必然性)¹⁾

ファジー推定システムにおける最も重要な特徴の一つはファジー・エリアの特定である。このファジー・エリアはファジー数の集合とすることができるが、これは、「メンバシップ関数」によって以下のように定義することできる。

いま、 x があるファジー集合に属する「割合」を η とすると、一般に、この「メンバシップ関数」は、「第1図」のような形状を示すものとされる。



この関係は、

$$\eta_M(x) = \begin{cases} L((\alpha_d - x)/d); & x \leq \alpha_d \\ 1 & ; \alpha_d \leq x \leq \alpha_u \\ R((x - \alpha_u)/u); & x \geq \alpha_u \end{cases} \quad (1)$$

※Lは第1図の左側の、Rは右側の関数である。

α_d , α_u が位置を示すパラメータであるのに対し、

d , u は β_d から α_d また α_u から β_u の範囲のパラメータである。

¹⁾ 勝木太一「ファジー時系列解析モデルの新手法の開発と適用(その1)(その2)」、『松阪政経研究』から引用。

のように定義されるものである。

ファジー・エリアとは、この x の β_d から β_u の範囲をいうのである。いうまでもなく、このようなメンバシップ関数は x の値の可能性分布であると考えられるもので、これはある1つのデータ数のファジー・エリアであり、そのデータの取り得る値の範囲とすることができる。

もし、ここで

$$Y = f(X)$$

というような関数をファジーモデル化した場合、従属変数 Y 自体のファジー・エリアと独立変数 X のファジー・エリアが（関数関係のもとに）複合化されなければならない。

すなわち、ファジー・エリアの推定は、以下の原理に従うとすることができるであろう。

$$g(\varphi) = 0$$

$$g(x) = 1$$

※ φ = 空集合、 x = 全体集合

のもとに、事象 A 、 B において

$$A \subseteq B \Rightarrow g(A) \leq g(B)$$

を満たす g を「ファジー測度」というが、これより、

$$g(A \cup B) \geq \max\{g(A), g(B)\} \quad -(2)$$

$$g(A \cap B) \leq \min\{g(A), g(B)\} \quad -(3)$$

とできる。

この (2) 式の下限であるファジー測度 g を H とすると、

$$\begin{aligned} H(A \cup B) &= \max\{H(A), H(B)\} \\ &= H(A) \vee H(B) \end{aligned} \quad -(4)$$

となる。これを「可能性測度」と呼ぶ。

また、同様に、(3) 式における上限ファジー測度 g を K とすると、

$$\begin{aligned} K(A \cap B) &= \min\{H(A), H(B)\} \\ &= H(A) \wedge H(B) \end{aligned} \quad -(5)$$

を得る。これが「必然性測度」と呼ばれるものである。

なお、この2つのファジー測度は、以下のような関係にまとめることができる。 A の補集合を A^c としたとき、(4) 式から、

$$H(A \cup A^c) = H(A) \vee H(A^c) = 1 \quad -(6)$$

となり、また (5) 式から、

$$N(A \cap A^c) = N(A) \wedge N(A^c) = 0 \quad -(7)$$

を得る。この (4) (5) 両式の双対性から、

$$H(A) = 1 - N(A^c) \quad -(8)$$

また、

$$N(A) = 1 - H(A^c) \quad -(9)$$

が得られる。よって x が離散集合であり、 x 上の可能性分布を $\pi(x)$ とすると、

$$H(A) = \sup_{x \in A} \pi(x) \quad -(10)$$

であり、これより、

$$N(A) = \inf_{x \in A} (1 - \pi(x)) \quad -(11)$$

という表記ができることになる。すなわち、「可能性測度」から「必然性測度」が定義できるのである。

なお、ここで、

$$H(A) \geq N(A)$$

であり、

$$N(A) > 0 \Rightarrow H(A) = 1$$

$$H(A) < 1 \Rightarrow N(A) = 0$$

ということに注意すべきである。

このような「可能性分布」は、確率空間における確率分布に対応した意味をファジー（可能性）空間に有するものであり、ファジー・エリアを特定する要素となるのである。すなわち、可能性分布に基づくファジー空間をモデル化することによって、ファジー・エリアの特定、ひいては推定が行われることになる。なお、

$$y = f(x, z) \quad -(12)$$

という関数が特定されるような場合、この関数上で x, z の「可能性分布」が与えられたとき、 y の可能性分布は

$$\pi_y(y) = \sup_j \pi(y_1, y_2, \dots, y_n) \quad - (13)$$

$$\pi_x(x) = \sup_j \pi(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad - (14)$$

$$\pi_z(z) = \sup_j \pi(z_1, z_2, \dots, z_n) \quad - (15)$$

で定義されるものとなる。したがって、このとき、 $y = f(x, z)$ という関数関係が規定できるかぎり、

$$\begin{aligned} \pi_y(y) = \sup_j \{ & \pi(y_1, y_2, \dots, y_n) \\ & \wedge \pi(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ & \wedge \pi(z_1, z_2, \dots, z_n) \} \end{aligned} \quad - (16)$$

となるということができるのである。

b (可能性線形システム)

上記の「可能性分布」を示すファジー数に基づき、多変量データの関数としてモデル化する場合、もっとも単純なモデルである線形システムを考えることにしよう。

これを、

$$Y = A_1 x_1 + A_2 x_2 + \dots + A_n x_n \quad - (17)$$

のように表すことにする。この線形システムのファジー数の「可能性分布」を、「確率モデル」で前提されている「正規分布」にみられるような左右対称形を仮定し、以下のような「ピラミッド型」のものとしよう。

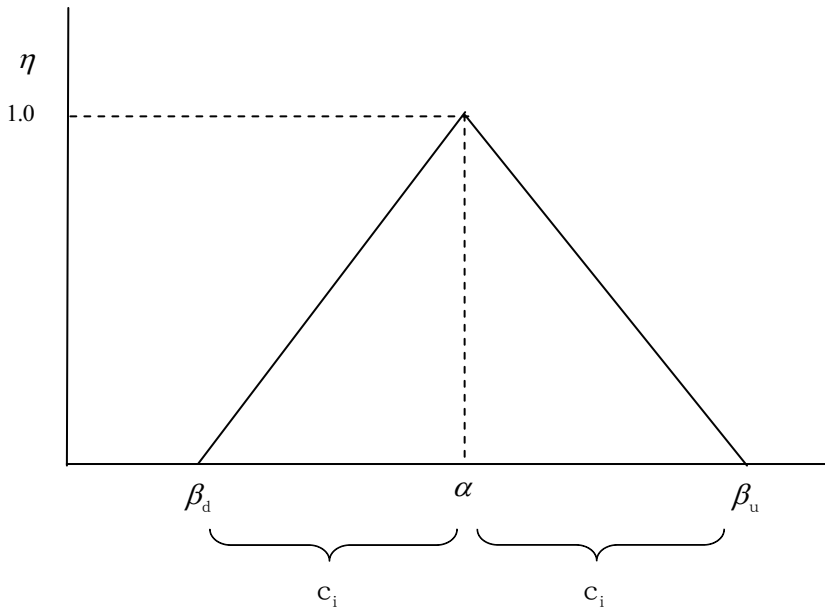
このような可能性分布を示す「ファジー数」を定義する場合、ファジーモデルを如何にとらえているかでかなり違ったものとすることができる。

例えば、これまでの「ファジー線形回帰システム」では、(17) 式のパラメータについて、 c_i をファジー・エリアを示す変数として、

$$A_i = (\alpha_i, c_i) \quad - (18)$$

と考えている。

「第2図」



この場合、メンバシップ関数 (1) 式は左右対称な形をとるとして、以下のように改められる。

$$\eta_{A_i}(a_i) = L((a_i - \alpha_i) / c_i) \quad (19)$$

したがって、(17) 式の関数は、

$$\begin{aligned} Y &= A_1 x_1 + A_2 x_2 + \dots + A_n x_n \\ &= (\alpha_1, c_1) x_1 + (\alpha_2, c_2) x_2 + \dots + (\alpha_n, c_n) x_n \end{aligned} \quad (20)$$

となる。

一方、このようなシステムに対して、以下のような回帰システムを提案することにしよう。

上記の「ファジー線形回帰システム」に対し、(18) 式を

$$A_i x_i = \alpha_i x_i + c_i \quad (21)$$

のようなものとするケースである。

このとき、(19) 式は

$$\mu_{A_i x_i}(z_i) = L((a_i - \alpha_i) x_i / c_i) \quad (22)$$

のように改められ、「第3図」のようにメンバシップ関数の形状を示すことができる。

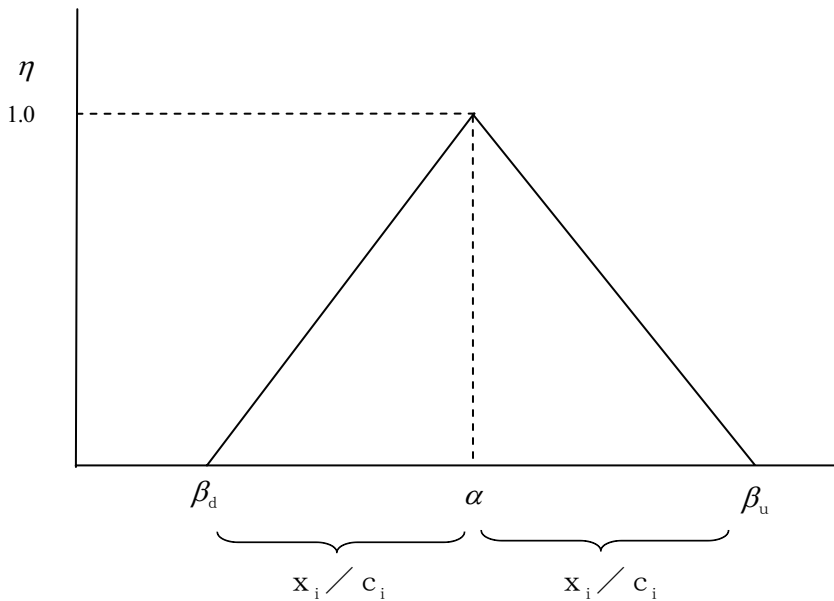
したがって、

$$\begin{aligned} Y &= A_1x_1 + A_2x_2 + \cdots + A_nx_n \\ &= \alpha_1x_1 + \alpha_2x_2 + \cdots + \alpha_nx_n + (c_1 + c_2 + \cdots + c_n) \end{aligned} \quad (23)$$

というファジー関数が得られることになる。

この (23) 式の「関数」はパラメータが (21) 式のようなファジー数であることから、そのファジー・エリアが独立変数 (x_i) の大きさに左右されないものとなっている。このような特徴によって、ここに提案する回帰システムは、データ系列に定常性が満たされている場合、その特徴を損なうことなく「モデル化」することができるものとなっているといえることができるのである。

「第3図」



以上のようにファジー・データを定義すると、経営活動の結果として得られる数値のほとんどがこのようなファジー・データであるといえることが確認できる。

4. ファジーモデルとファジー・データによるシステムの構築

さて、ファジー・データを処理するためには、当然、それに対応したモデルやシステムが用意されなければならない。ファジー・データを扱うために多くのファジー理論が開発されてき

たことは周知のところであるが、この理論は Zadeh のファジー集合論に始まり、ファジー論理やファジー測度論へと完成されてきた。さらに今日では、これらのファジー理論を発展させ、ファジー経営科学の方法論へと拡張されてきている。このファジー経営科学の特徴については以下のようにまとめることができるであろう。²⁾

- (1) 経営システムの数学モデルにおいて、計画担当者が主観的に定める係数や制約条件が、メンバシップ関数で柔軟にかつ容易に表現でき、これに対する解が数学的に求められる。
- (2) 経営システムについての種々の知識・経験を、専門家から自然の言葉によって聞き出し、ファジー推論を用いてコンピュータ用のモデルおよびプログラムを容易に作ることができる。この場合、自然の言語として、かなり・少し・やや・約などの概括的な形容詞・副詞が用いられることが多いが、これらがメンバシップ関数で容易に表現でき、かつコンピュータに入力できる。また、推論やプログラムが概括的な表現で十分な問題や対象については、ソフトウェアの量が減少でき経済的である。
- (3) 問題の解が一つにしばられず、可能性の度合い付きの複数で提示されたり、また、解の上限・下限が与えられるので、あとから専門家や経営者・管理者の意見が加味されやすく、広い視野から問題解決に導くことができる。従来の経営科学方法論では、きわめて近似的なモデルを作り、これから一つの解を求める場合が多く、経営者・管理者がこの解と別のところで意思決定を行うことが多い。

上記の示すファジー経営科学の方法論は、同じ条件下でも意思決定者によってその行動に差がみられるという点、また、同一の人間でも条件が同じとしても時に違った行動をとるといったケースをフォローし得るモデル化を行うというところに大きな特徴を有するものといえる。端的に言えば、人間は機械のように一定の行動をとらない可能性が大きいということをモデル化するということである。

それは、行動の原因となる現象と行動の結果の間には相互に揺らぎが内在し、また、原因の現象の揺らぎ、結果である行動の揺らぎを内含するファジー・データの関係性をファジー・エリアに内含した複雑な内容を有すモデルとするものである。したがって、行動主体者（ユーザー）の主観などがそのモデルのファジー・エリアに表現されることになる。

このようなファジー・データ間の関係性を確定するためにはファジー推論やファジー可能性モデル、またファジー多変量解析（ファジー数量化理論 I～IV）、ファジー積分、ファジー信頼

²⁾ 浅居喜代治編著『ファジィ経営科学入門』（オーム社）pp.4-5. より引用。

性解析などが活用され、さらにファジー構造モデル、ファジー回帰分析モデル、ファジー決定モデルなどによりファジー・データ構造を有す事象の説明が可能となる。

このようなファジーモデルは、いわば多くの情報要素をモデル化によって捨象するという「確率モデル」等と根本的に趣を異にしたものであって、情報要素の多くをファジー要因と捉えて積極的にモデルに内在化させたものといえる。しかしながら、その情報処理量の大きさは決して肥大化するものではないのである。

この(1)～(3)の内容に対応するファジー数理によるモデル化とその手法(方法論)については、下表「ファジー経営科学の方法論」のように対応関係を示すことができるものとなる。

ファジー経営科学の方法論

業 務		方 法 論
データ・経験収集		ファジー・データベース、知識ベース
計 画	モ デ ル 化	大規模システムのパジー・モデル ファジー構造モデル ファジー回帰モデル ファジーGMDH
	解 析 と 評 価	ファジー多変量解析(数量化理論I～IV) ファジー積分 ファジーAHP ファジー信頼性解析
	最 適 化 と 意 思 決 定	ファジー数理計画法 ファジー多目的計画法 ファジー多属性意思決定法 ファジー統計的意思決定法 ファジー意思決定支援システム
管 理		行動科学へのファジー理論の適用 証券投資へのファジー理論の適用 ファジー生産管理 ファジー・エキスパートシステム (加工、故障診断) ファジーQC

※出典：浅居喜代治編著『ファジィ経営科学入門』(オーム社) p.6

以上のファジー経営情報システムの構築に欠くことができないのは、ファジー・データを適切にデータベースに取り込み、それをユーザーの主観を前提してデータ内容に幅を持たせるという形で構築することであろう。

しかし、通常のデータベースではデータ処理は構造的なものとして単純化されているのであ

り、その意味でユーザーの主観などは考慮されていないといえる。したがって、リレーショナルなデータを取り扱う場合、階層型・ネットワーク型・関数型といった形で蓄積されたデータを取り扱い、必要なデータを検索するというものとなっているが、ファジー・データベースの場合はメンバシップ関数に基づいたウェイトをデータに付加し、データ検索時に内容的に幅のあるデータの表示を実現したりすることとなる。さらに検索を絞り込む場合ファジー関係モデルを適用することが考えられる。このメンバシップ関数に基づいたウェイトの算定は前節のファジー測度の理論に基づいて行われる。

このような形によって、ファジー・データベースではデータをファジー・データとして扱い、またファジー・データを生成して行く。このためのファジー・データベース管理システムとも言うべきものは、単にファジー集合としてデータのマッチングをしたりするのみでなく、検索目的に対応した形のファジー集合やファジー関係モデルの選択ができるものでなければならない。

また、ファジー・データベースから必要な経営情報データを検索し、それから目的とするマネジメント情報を生成するためにファジーモデルを活用することになる。それはマネジメントの問題を「構造的（定型的）」でなく柔軟にフォローし、意思決定者などのユーザーが持つ問題意識に対応した問題の所在を明確化し、かつ、ユーザーの問題解決のプロセス上で選択可能な方法などを提示できることが必要となる。このためのプロトタイプファジーモデルは、上記の表の「計画」の欄にあげられた「モデル化」「解析と評価」「最適化と意思決定」の諸種のモデルとなるが、これらをユーザーの問題意識のもとに適切に複合化するというユーザーインターフェースが求められるところとなる。これは検索したデータからモデルによってはじき出された結果をさらにファジーモデルによって分析・評価を繰り返す形で処理される。この繰り返しかえし処理によってユーザーが求める結果を得るのである。その繰り返しかえしプロセスの途中での選択は、おそらく非常に多くの選択肢のものとなるであろうが、その選択を容易に的確に行うために選択基準・判断基準といったものがユーザーインターフェースの中に条件設定のような形で用意されている必要がある。

このファジーモデルの複合化は、また、ユーザーの主観のみでなく偶然性や、モデル化に対応しきれない変化などをファジー・エリアとしてフォローするというものであることが不可欠である。そのために、複合対象となるモデルに対してファジー関係論などの手法によってモデル間の整合的連携を確立することが用意される必要があるであろう。

5. おわりに

第2節で述べたような、来るべき「ユビキタス社会」で求められる情報システムは、人間の行動が逐次フォローできることが不可欠のものである。

しかし、人間は正確に同じ行動・反応を行えるものではないし、それを取巻く環境は全く同じものではない。すなわち同じ状況が起こったとしても、ユビキタス社会が高度化した状況では、迅速なデータの配信受信によってすでに環境は異なったものになっているからである。

このようなことを考えれば、人間の行動の揺らぎを内生的に効率よく処理できるということは、高度なユビキタス社会の情報システムとしては必要なものと考えられるのである。したがって、第3節・第4節で述べたようなファジー・データの処理やファジー経営管理システムが人間行動の揺らぎを効率よくシステム化できるという意味で重要な意義を有するものであることは明白である。

このことは複雑系・ファジー数理をモデルベースやデータベースに組み込んだ総合的な経営情報システムが「ユビキタス社会」の経営情報管理システムとして大きな意味を有するものであることを示すものであると考えられる。³⁾

参 考 文 献

- 浅居喜代治・寺野寿郎・菅野道夫『ファジィシステム入門』，オーム社，1987年。
浅居喜代治 編著『ファジィ経営科学入門』，オーム社，
太田雅晴『生産情報システム』，日科技連，1993年。
勝木太一「企業行動における意思決定構造の考察（その1）（その2）」，
『松阪政経研究』，vol.12-13, No.1，松阪大学，1993-4年。
勝木太一「ファジー時系列解析モデルの新手法の開発と適用（その1）」，
『松阪政経研究』，vol.15，松阪大学，1997年。
勝木太一「ファジー時系列解析モデルの新手法の開発と適用（その2）」，
『松阪政経研究』，vol.16，松阪大学，1998年。

³⁾ かなり前に、大阪工業大学の浅居研究室を中心として「ファジー意思決定支援システム」の研究が進められていた。本論文は、このプロジェクトとは直接の関係はないが、この研究プロジェクトの研究結果を参考にしつつ、新たに複雑系・ファジー数理をモデルベースやデータベースに組み込んだ総合的な経営情報システムを構築する事を目指した研究の序説とも言うべきものである。なお、筆者は、大阪工業大学のプロジェクトに直接に関係はしていなかったが、一度その研究会でファジーマクロ計量経済モデルの構想についての講演をする機会を与えて頂いた。

- 勝木太一『経済統計学』，開成出版，1995年。
- 勝木太一『経済現象の計量モデル分析』，大学教育出版，1997年。
- 小島敏広『新経営情報システム論』，白桃書房，1986年。
- 佐藤義信『トヨタグループの戦略と実証分析』，白桃書房，1988年。
- 島田達巳・海老沢栄一『戦略的情報システムー構築と展開』，日科技連，1993年。
- 島田達巳・高原靖彦『経営情報システム』，日科技連，1993年。
- 下崎千代子『人事情報システム』，日科技連，1993年。
- 杉原信夫編著『経営情報と意思決定』，同友館，1994年。
- 染谷恭次郎・木下照嶽『経営分析ー基礎と実践』，森山書店，1979年。
- 田中英夫『ファジィモデリングとその応用』，朝倉書店，1990年。
- 水本雅晴『ファジィ理論とその応用』，サイエンス社，1988年。
- 吉原英樹『行動科学的意思決定論』，同友館，1969年。
- A.Zellner, *An Introduction to Bayesian Inference in Econometrics*, John Wiley & Sons, Inc., 1971.
- R. E. Bellmann & L. H. Zadeh, "Decision Making in a Fuzzy Environment", *Management Sci.*, 17, 1970.
- R. M. Cyert & March, J.G., *A Behavioral Theory of Firm*, 1963.
- D. Dubois, "Linear Programming with Fuzzy Data", in J. C. Bezdek Ed. , *Analysis of Fuzzy Infomation* Vol.3, CRC Press 1987.
- H. J. Zimmermann, "Description and Optimization of Fuzzy Systems", *Journal of General Systems*, 2, 1976.
- H. J. Zimmermann, "Fuzzy programming and linear programming with several objective Function", *Fuzzy Sets and System*, 1, 1978.