

研究開発におけるファジィ意思決定問題

野尻 秀之

1. はじめに

不確実性の増大、企業競争の激化などにより、研究開発の成功の可否が企業の存続をも左右しかねない現状において、研究開発管理の重要性が特に議論されている[1]。したがって、研究開発の意思決定問題について考察し、その意思決定の特性と問題点を明らかにし、その意思決定を支援する方法について議論することは必要なことであろう。

本稿では特に研究開発の意思決定におけるファジィ性を考慮した意思決定支援システムの設計概念について説明し、さらに応用上の諸問題についてのべてみたい。

2. ファジィ意思決定問題

ファジィ集合の概念は、1965年に L. A. Zadeh 教授によって提案されている[2]。この論文では、全体集合 X における fuzzy 集合 A は、帰属度関数 (membership function) $\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$ によって定義される。値 $\mu_A(x) \in [0, 1]$ は A における $x \in X$ の帰属度を表わす。すなわち帰属度の値が 1 に近ければ近いほど、要素 x が A に属する度合いは大きく、逆に $\mu_A(x)$ の値が 0 に近いほ

ど、 x が A に属する度合いは小さい。また普通の集合は、要素がその集合に属すれば真、属さなければ偽という 2 値論理である。それに対して fuzzy 集合は、帰属度関数の値域が閉区間 $[0, 1]$ であるから、無限多値論理に対応する[3][4]。ファジィ集合では、個々の要素がその集合に属するか属さないかが明確に規定されていない。このような曖昧さをファジィ性 (fuzziness) とよんで、確率現象における事象の生起に関する不確実性すなわちランダム性 (randomness) と区別している[5]。ファジィ性の概念は、次のような諸問題に適用が可能である。

- (1) 不確実性の下での決定問題、あるいは確率的システム。
- (2) 厳密な記述ができないような現象、あるいはシステム。
- (3) 不明確な人間の感情が重要な役割を果たすような状況、あるいはシステム。
- (4) 構成要素間の関係が曖昧な状況、あるいはシステム。

ファジィ意思決定の主要な問題としては、(1)人間の意思決定における、推論、判断、直観といったような主観的側面における曖昧さをとり扱う問題、(2)規範的な意思決定モデルにファジィ集合の概念を導入する問題などがあげられよう。たとえば、(1)に関する研究では、人間の知的情報処理の問題にファジィ性の概念を導入し、自然言語の語

のじり ひでゆき 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 システム科学専攻

や文に含まれる意味の曖昧さを定量的に解析する方法が提案されている[6][7]。この方法を用いて、自然言語で表現された、意思決定者の推論、判断、直観等に含まれる意味の曖昧さをファジィ集合で表わし、意思決定者の思考過程における曖昧な概念を定量的に解析することが可能となる。

(2)の研究としては、社会システム[8]、数理計画[9]、統計的決定問題[10]、ゲーム理論[11]、チーム理論[12]、多目的決定問題[13]等、広範囲におよんでいる。これらのファジィ意思決定モデルの特徴については文献[3][4]を、その他の研究については文献[22][24][25]を参照されたい。

ファジィ意思決定の研究は、まだ始まったばかりであり、今後の理論的研究とともに、現実問題への応用が特に必要とされる。

3. 研究開発の意思決定問題

研究開発の意思決定は、次のような特徴をもっている[1][14]。(1)主として経済的基準、(2)研究開発投資の経済性評価は簡単ではない、(3)技術的にも市場的にも不確定要素が多く、長期にわたる場合が多い、(4)競争企業の行動、技術、経済、政治等、外部環境の影響を強く受ける、(5)合理性や効率性の追求だけでは研究開発の意思決定は困難である、(6)意思決定者の主観的な感情や帰納的な判断が重要である、(7)研究開発過程の初期の段階ほど、定量的分析による決定よりも、勘や経験に頼る定性的な決定方法を採用する場合が多い。

以下、特にファジィ性の概念と関係のある(6)と(7)の特性を中心に、研究開発における対話的意思決定支援システムを設計するうえでの諸問題を考察したい。

(1) データベース

研究開発過程における活動の大部分は、外部環境に関するデータの収集、分析、評価と関係している。この場合には、次のような問題が指摘される。 (1)新製品に関する正確で適切な情報の必要

性は非常に高いが、必要とされる情報の多くは不正確で定量化が困難である、(2)大量のデータが収集されても、有用な情報を見落とすことなく選択することは困難である。見落された情報は、後になって企業活動に重大なインパクトとなって現われる場合が非常に多い。

(2) モデル

対話的意思決定支援システムの設計における有効なマーケティング・モデルの要件としては、(1)単純性、(2)頑健性、(3)制御性、(4)適応性、(5)完全性、(6)対話性、の規準があげられている[27]。

Urban と Karash[15]は進化的モデル・ビルディング (evolutionary model building) の概念の有効性について議論し、意思決定問題の複雑性のレベルを分けて考え、それに対応してモデル化をすべきであるとのべている。また、Aaker と Weinberg [16]は、意思決定者のモデルへの関与、モデル化とモデルに対する組織の受容性に関して、対話型コンピュータ・システムの効果についてふれ、対話的マーケティング・モデルは、(1)モデル化とモデルの利用に関して、意思決定者の経験や判断が重要なインプットとなる場合、(2)数値データが不十分、不適當、あるいは存在しない場合に特に有効であるとのべている。Assmus [17]は、新製品導入決定モデルの有効性について検討し、モデルが有効に活用されるための条件として、(1)モデルが適用される新製品計画過程の段階、(2)モデルに含まれる変数の種類、(3)モデルの利用において必要とされるデータの種類、(4)モデルの結果に対する管理者の信頼が重要であるとのべている。

また、新製品決定モデルに関しては、さらに次のような問題がある。

- (1) 信頼できるデータベースが欠如している場合、数式モデルは使用されにくい。
- (2) モデルに関する誤解の1つは、それが大量の数値データに依存しなければならないと考

えることである。現在、広く使用されているモデルは、意思決定者自身の知識、すなわち“ソフト情報”を有効に活用している。

- (3) モデル化とモデルの実施過程において、意思決定者の認知能力を考慮する必要がある[23]。

(3) データ分析

データの分析に関しては、次のような問題がある。すなわち、最適化すべきシステムが大規模であるか、あるいは標準的な意思決定技法を適用するためにはデータがあまりにも不正確である場合には、システムへの近似、あるいはデータの精度を上げることが一般に試みられる。しかし、この場合には手法の有効性に限界がある。このような状況では、データの解析よりも主観的判断のほうがより重要となる。

(4) 最適化

ここでの最適化とは、研究開発組織の業績を改善することを意味する。業績の改善のためにマネジメントの関与が必要である問題領域としては、(1)研究開発組織の組織構造の改善、(2)研究開発の意思決定過程のより良い理解を与えるモデルの作成とその利用などがあげられている[18]。また、研究開発組織における情報処理と意思決定システムを詳細に記述することは、問題と矛盾がどこに存在するかを明らかにする[28]。最適化に関しては、さらに規範的あるいは記述的理論と現実の情報システムの設計と運用の間にリンケージが必要とされている[19]。

4. ファジィ意思決定支援システムの概念

研究開発の意思決定においては、常に外部環境の不確実性に直面する。この不確実性の回避あるいは克服は、研究開発管理上の重要課題である。この問題への1つのアプローチとして、ファジィ

概念の応用が考えられる。以下では、ファジィ意思決定支援システムの概念を示し、その主要な構成要素について研究の現状を報告したい。

(1) fuzzy データベース

fuzzy なデータを取り扱うことのできるデータベースについては、すでにいくつか提案がある[20][21]。ここで fuzzy データとは、ファジィ数、あるいは自然言語の語や文を意味している。たとえば、“売上高はほぼ12億円ぐらい”、“市場占有率はあまり高くない”、“景気は上昇している”などがあげられる。fuzzy データベースは、現在のところ関係モデルの拡張として定義されている。

DATAPLAN システム[20]は、ユーザ自身の言葉でデータベースの生成・検索が可能なシステムで、会話の立案・生成・解析などの機能をもっている。このシステムの機能をさらに発展させた「fuzzy データベース・システム」が報告されている[21]。この領域での研究は始まったばかりであるので、今後の発展が期待される。

(2) fuzzy モデル

モデル化の段階では、現実世界の複雑な現象をいかに抽象化し、表現するかが課題となる。複雑な社会システムを数学的にモデル化する際に、伝統的な2値論理にもとづく数学的表現には限界がある。ファジィ集合論は現実世界のシステムの中に含まれている曖昧な現象の数学的表現あるいはその操作を可能にする。ファジィ概念を導入したモデルはすでに多数提案されている[22]。新製品導入決定問題については文献[26]を参照されたい。

(3) fuzzy データの分析

fuzzy データの処理に関しては、すでに多くの解析的手法が提案されている[22]。この手法には、ファジィ数の演算、ファジィ・アルゴリズム、

ファジィ推論などがあげられる。

(4) fuzzy 最適化

ここでの fuzzy 最適化とは、実行可能な、望ましい、適当なといったような明確に定義できないような曖昧な評価基準によって、組織の業績を改善することを意味している。Bellman と Zadeh [5]は、次のような3つの基本的な概念、(1)fuzzy 目標、(2) fuzzy 制約、(3) fuzzy 決定を定義し、fuzzy 最適化の方法を示した。この概念は、線形計画問題、動的計画問題などに応用されて、fuzzy LP や fuzzy DP の手法が提案されている[22]。

5. OR分野への応用

ファジィ集合の概念は、すでにデルファイ法、PERT、スケジューリング手法、線形計画、動的計画、決定分析、クラスター分析等、多くのOR手法に導入されている[24][25]。また投資問題、バスの輸送網計画問題、従業員の最適配置、交通制御、スケジューリング、環境制御、生産管理、人事管理等における事例研究が報告されている[25]。

6. おわりに

ファジィ意思決定の概要、研究開発における意思決定の特性と諸問題についてのべ、ファジィ概念の応用可能性を示した。またファジィ意思決定支援システム概念と、その構成要素について研究の現状を報告した。研究開発領域におけるファジィ意思決定の研究は始まったばかりであり、今後の発展が期待されている。

参考文献

- [1] 岩田光信著: 技術者のための研究開発マネジメント, 日刊工業新聞社, 1980
- [2] L. A. Zadeh: Fuzzy sets, *Information and Control* 8 (1965) 338-353
- [3] 西田俊夫, 竹田英二: ファジィ集合とその応用, 森北出版, 1978
- [4] 浅居喜代治, 田中英夫, 奥田徹示: あいまいシステム理論入門, オーム社, 1978
- [5] R. E. Bellman and L. A. Zadeh: Decision-making in a fuzzy environment, *Management Sci.* 17B (1970) 141-164
- [6] L. A. Zadeh: Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes, *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.* SMC-3 (1973) 28-44
- [7] L. A. Zadeh: The Concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, *Information Science* 8 (1975) 199-249 (Part I); 8 (1975) 301-357 (Part II); 9 (1975) 43-80 (Part III)
- [8] E. Tazaki and M. Amagasa: Structural modeling in a class of systems using fuzzy sets theory, *Int. J. for Fuzzy Sets and Systems* 2 (1979) 1-17
- [9] 田中・奥田・浅居: Fuzzy 数理計画法, 計測自動制御学会論文集, 9, 607-613 (1973)
- [10] 奥田・田中・浅居: Fuzzy 事象における決定問題と情報量, 計測自動制御学会論文集, 12, 1, 63-68 (1976)
- [11] D. Butnariu: Fuzzy games, A Description of the concept, *Fuzzy Sets and Systems* 1 (1978) 181-192
- [12] H. Nojiri: On the fuzzy team decision in a changing environment, *Fuzzy Sets and Systems* 3 (1980) 137-150
- [13] E. Takeda and T. Nishida: Multiple criteria decision problems with fuzzy domination structures, *Fuzzy Sets and Systems*, 3 (1980) 123-136
- [14] 北川賢司: 研究開発のシステムズアプローチ, コロナ社, 1977
- [15] G. L. Urban and R. Karash: Evolutionary model building, *Journal of Marketing Research* 8 (1971) 62-66
- [16] D. A. Aaker and C. B. Weinberg: Intractive marketing models, *Journal of Marketing* 39 (1975) 16-23

- [17] G. Assmus : NEWPROD, The design and implementation of a new product model, *Journal of Marketing* **39** (1975) 16-23
- [18] D. W. Cravens, G. E. Hills and R. W. Woodruff: Marketing Decision Making : Concepts and Strategy (Richard. D. Irwin, Homewood, Ill., 1976)
- [19] K. R. MacCrimmon : Descriptive aspects of team theory : Observation, communication and decision heuristics in information systems, *Management Sci.* **20** (1974) 1323-1334
- [20] T. L. Kunii : DATAPLAN, An interface generator for database semantics, *Information Science* **10** (1976) 279-298
- [21] M. Umano : Representation and manipulation of fuzzy data, Dr. Thesis, Osaka University (1979)
- [22] B.R. Gaines and L.J. Kohout : The fuzzy decade, a bibliography of fuzzy systems and closely related topics. *Int. J. Man-Machine Studies* **9** (1977) 1-68
- [23] J.C. Larréché : Integrative complexity and the use of marketing models, *TIMS Studies in Management Science* **13** (1979) 171-187
- [24] W.J.M. Kickert : Fuzzy Theories on Decision-making Frontiers in Systems Research, (Martinus Nijhoff, Leiden, 1978)
- [25] D. Dubois and H. Pröde : Fuzzy Sets and Systems : Theory and Applications, Academic press, New York, 1980
- [26] 野尻秀之: 新製品の導入決定に関する対話型チーム意思決定モデル, 計測自動制御学会第6回システム・シンポジウム講演論文集, 125-128, 1980
- [27] J. D. C. Little : Models and managers, the concept of a decision calculus, *Management Science* **16** (1970) 466-485
- [28] N. Capon and J. Hulbert : Decision systems analysis in industrial marketing, *Industrial Marketing Management* **4** (1975) 143-160