

ファジ理論の土木計画への応用についての試論

京都大学工学部 正員 秋山孝正

1. はじめに

経済効率などの合理性を優先した土木計画、たとえば昨今の大規模リゾート開発が矛盾を生じてきている。このようなことから計画理念の新しい展開が求められており、また意味論的な側面を持つ地域分析など各種の研究が行われてきている。そして本来計画対象と分析方法は本来独立したものではなく、新規の計画理念が必要とされる場合には、方法論的にもこうした意味を付加できるものを模索する必要がある。つまり基本理念として「合理主義と人間主義の両立」を目指した発想の転換が重要となるのである。これは、ある意味では、経験・直観などの合理的、客観的とされない問題を取り扱う分析方法の利用と深く関係するものである。

本稿では、なかでも、土木計画問題の分析やモデル化にファジ理論あるいはその概念を用いることの意義について試論としてまとめたものである。

2. ファジ理論応用の意義

まず、計画理念との関係を考察するまえに、ファジ理論を適用することの効用について述べる。ファジ理論 (Fuzzy Theory) は狭義には、ファジ集合を前提とした各種のモデル論の総称であり、広義にはあいまい性 (fuzziness) を含む問題の解決法を示すものである。いずれにしても、この段階では、方法論としてのファジ理論に着目している。

ここでは具体的な計算方法を述べることを目的としないので個別な理論には言及せず、できる限り一般的な議論を行うが、土木計画で用いられる頻度と既存手法との関係を考慮すると「ファジ推論」「ファジOR」等を念頭においてもよい。

これらファジ理論の適用について実際的ないくつかの利点を整理することができる^{1), 2)}。

第1点はモデル化における非線形性の確保があげられる。ここでいう非線形性は、単にモデルに非線形関数を利用するという意味ではなく、論理内部の非線形特性を表現することである。具体的にはファ

ジ推論などの演算過程で、max, minなどいわゆるT-normを用いることに対応し、非線形特性を付加した結論が導出が容易に行えることがわかる。つまり通常の数学モデルでは、関係式 (関数) 設定時に決定論的モデル構造を規定することになるが、ファジ理論では代替的演算が多数容易されている。

つぎに既存理論との適合性が挙げられる。AI・ニューロに比べて、概念的、哲学的強いファジ理論は、計算手法として自己完結的なものではないため、既存方法論との結合性は高い。たとえばファジORを考えると、従来から定性的問題を含む解析方法として数量化理論があるが、これもファジ化 (fuzzification) によって、現実解釈への頑健性を付加することができる。これは従来モデルの基本的枠組みや論理関係を保存した応用となるため、既存手法の持つ特徴や利点を失うことなく利用することができる。理論的には「拡張原理」によってこの性質が保証されることになる。

さらに、人間認知の表現モデルという意味からは、言語表現の利用があげられる。われわれの行為は通常、頭の中の思考を経て最終的には言語を媒体として表現される。たとえば各種問題に対するアンケート調査や反応実験など人間認知の介在する調査結果を利用においても、これらの本質的意味は言語的表現に帰着する。したがって、分析方法においても認知量の意味を残した形で数量化する必要性が生じる。

通常の数学論理は、記号の世界であるため、一旦モデル化の段階で記号を媒体とすれば、極めて合理的に解決するものである。しかし、言語表現との対応を積極的に考慮していない。調査結果等で得られたデータ、たとえば、12.6分、5495万円など我々日常的に認識すると考えられないレベルの表現を厳密に用いることも多い。したがってファジ理論で用いられる言語変数 (linguistic variable) は、対象とする計画問題にも依存するが、計画の詳細さの必要性和モデル化の限界性にも対応するものである。

3. ファジィ理論の計画理念への対応

計算機の利用を前提とした知識情報処理に関する具体的な方法論として、ファジィ・AI・ニューロが知られている¹⁾。これらは、個々にモデル化や議論の進め方が異なっているが、目的とするところは類似している。すなわち、人間思考のモデルを計算機上に実現しようとする点である。これらの方法の意味するところを理解（納得）するための前提は、論理的思考によらず行われる我々の経験・直観による知識の存在を認めることである。換言すれば、数学で解決しない問題が存在するという認識である。

なかでもニューロモデルの場合は、原因と結果との関係を現実に合わせてることを第一義的に考えるため、現象追従という意味で究極的な手法である。現在の応用段階では、過程されたモデル形状（ネットワーク）に対する解釈は難しい。しかしながら、万物の解釈に中道をとく仏教学の方法論である八正道においても偏見をなくした「正見」を重要とすることを考えれば³⁾、現実の正確な把握が理解に通じるという意味からは妥当なアプローチといえよう。

このような考えからは、東洋的方法論と西洋的方法論の相違と考えてもよい⁴⁾。たとえば医学分野に注目すればこの事実は顕著である。現在、単に医学とは暗に西洋医学をいうが「漢方」の名称で知られる「中医学」が存在する⁵⁾。もちろん「3千年の歴史」などとある種揶揄の表現も存在するが、これも実証的な症例に対する多年月に渡る知識と経験蓄積が知識ベースとして保存された結果であると考えられ、正式な医学分野としての位置づけも進んでいる。

この方法は、西洋合理主義的なものではないので、同じ論理構成での説明とは困難であるが、この知識のなかに価値ある事実は含まれないのであろうか。

たとえば、道路網計画にマンダラの思考法を用いよとする方法論もあるが⁶⁾、この場合もマンダラの形態自体から整理される全体理念や自然物との相互関係の規定⁷⁾に対して、演繹的な論理や数学モデルに類する公理体系の発見を希求することは徒労に帰するものであるといえる。つまり原理的な解明とはならない断片的、表層的な知識であっても、これらを蓄積し利用可能な形態にモデル化することで、多くの実際の意味を持つものが形成されるのではないだろうか（これはAIの基礎となる発想でもある。）

ファジィ理論の応用も人間の本質的なファジィ性に着目しモデルの主観化を目指すとともに、方法論的帰結から得られる事実により問題解決理念への付加的意味を目指すものである。したがって東洋的思考法に合致する方法論であるともいえよう。

4. おわりに

土木計画における新しいパラダイムを考察する手懸かりとして、ファジィ理論の応用とその意味について検討した。これまで行われてきた外科的技術論の他に、直観・経験に基づく計画論の展開を目指すことも重要ではないであろうか。もちろん、土木技術者の個人的直観、経験、才能に類する事柄を何等かの共通言語表現で示さなければ工学技術として認知され難いことも事実であろう。

こうした意味から2種の危惧が存在する。つまり論理的数学モデルの展開に固執するあまり、例題解法のためのMathematical Toolを開発することに終始すること。あるいは、問題とされる土木計画の事象が数理解釈とは異質で心理学的、文学的領域に属する場合に、これを理由として裏付けのない個人的見解を主張するといった場合である。

もちろんファジィ理論が新しい計画パラダイムの形成を確実に保証するとはいいがたい。しかしファジィ理論の推進が既存の研究手法やモデリング手法と相対するものでないことは、すでに述べた通りである。つまり「確率論とファジィ論といずれが正しいか」という議論を行うのではなく「各方法はどのような局面に用いるべきか」を論じるべきであろう。また、人間生活が地域風土に関連することを鑑みれば、わが国における国土計画においても、東洋的方法論の見直しが必要となるのではないだろうか。

【参考文献】

- 1) 向殿政夫：ファジィとAI，日本ファジィ学会誌，Vol. 4, No. 1, pp. 74-80, 1992.
- 2) 中村・菅野等共著：ファジィ，日刊工業新聞社，1989.
- 3) 高神覚昇：般若心経講義，角川文庫，1952.
- 4) 鶴見・川田編：内発的發展論，東京大学出版会，1989.
- 5) 小高修司：中国医学のひみつ，講談社，1991.
- 6) 佐佐木綱：女らしき・男らしき，淡交社，1989.
- 7) ひろさちや：密教の読み方，徳間文庫，1990.