IV-2　計画における情報の損失と意志決定の頑健性に関する一考察

○ 東京大学　学生会員　若谷 佳史
東京大学　学生会員　山崎 隆司

1　はじめに

計画における意志決定は、予測された情報に基づいて行なわれる。しかし、我々が対象とする社会現象についての情報は、現実の複雑性、それに関する理論的知識の不足、また、予測技術の不十分さ、データ収集の制約などから、確実なものは得られない。我々は情報の損失を前提として、不完全な状況の下で意志決定と向いあわざるを得ない。このとき、どのような視点から予測された不確実な情報と意志決定とを対応関係づけるべきなのであろうか。本研究はこの問題についての、一つの試みを述べたものである。

2　予測と意志決定

社会現象についての予測のプロセスは現実から知られるデータとモデルとを用いて行なわれる。データには測定誤差が、またモデルには、理論的知識が不足していることから生じる構造の不適合性が不可避であるため、得られた予測に対して、その妥当性・信頼性の検討が必要である（図1）。我々は、理論的知識と符合するモデルの中で、最も予測の的中率が高くなるようデータとモデルの間で検定を繰り返しはしても、その検定（主として統計的検定であるが）の合格のみで、予測の妥当性・信頼性の検討が達成されるものではないことに注目すべきである。

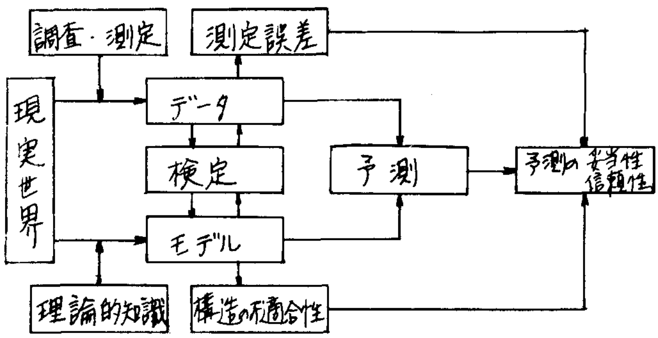

図1　予測プロセス

得られた予測は、さらに別の予測プロセスのためのデータとなる場合もあれば、直接意志決定のための情報に供されることもある。このような一連のプロセスを推論プロセスと呼ぶ（図2）。推論プロセスは、データ情報と情報・決定の論理的な対応関係を明示するものである。推論には完全な客観的推論が望ましいが、予測プロセスに含まれるモデルの主観性や、情報を判断評価する際の主観的基準は、明示的ではないにせよ我々の推論に主観の介入を許さざるを得ないことを示している。主観的推論はデルファイ法や主観確率の導入での成功に見られるように有効な面も有しているが、'風が吹けば桶屋が儲かる'式の推論に陥いる可能性のあることを注意する必要がある。

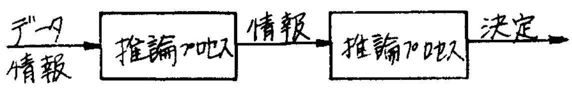

図2　推論プロセス

予測および推論プロセスに、種々の不確実性や主観的判断（カン，信念にもとづく判断など）のような'あいまいさ'の存在が避けられない以上、我々は、このプロセスが完全に客観的ではありえないことを考慮して、むしろプロセスの中に情報の損失に応じた'あいまいさ'を明示的に導入することを考えるべきであろう。多様な

前提の下での異なる予測と決定の原因や、誤った予測と決定の原因を追求するためにも'あいまいさ'の明示化と、それに対する主観的判断の責任性を明言することが重要であろう。そして、時としてこの理由から'意志決定困難'という結論が得られたとしても、土木計画のように大規模で影響の大きな1回限りの計画では、それはむしろ好ましいことではなかろうか。

3　情報の損失による'あいまいさ'の導入

推論プロセスを記号を用いて表示しよう(図3)。第n段階目の推論プロセス $f_n(\cdot,\cdot)$ への入力情報のうち第n−1段階目からの出力情報を x_n (l_n 次元列ベクトル)とし、新たに加わった入力情報を u_n (l'_n 次元列ベクトル)とする。そして出力情報を x_{n+1} (l_{n+1} 次元列ベクトル)とする。このとき、推論は $x_{n+1}=f_n(x_n,u_n)$ となる。このとき x, u に平均値等の代表値を用いる場合は、点予測に、また分布のパラメータを使えば区間予測になる。また、論理的判断が入力または出力の情報となってもよい。このときは f が論理関数である。

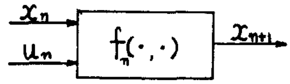

図3　推論プロセス

さて、いま x, u に'あいまい'性があるとする。例えば"人口およそ8万人の都市"といった不明確な情報であったり、"信頼性のかなり低い予測式"といったあいまいな判断の場合である。これらを表現する数学的道具として、ブール代数・論理の拡張であるFuzzy(あいまい)代数・論理を利用する。Fuzzy代数の内容は省略するけれども、簡単にいえば、あいまいに定義された集合(Fuzzy集合)にどの程度属しているかの判断の度合(グレード)を表わす関数(メンバーシップ関数, 値域は[0,1])で特性づけられるものである(図4)。

我々は、このメンバーシップ関数で、情報に対する信頼性、いいかえれば'あいまいさ'の主観的判断を表わすこととする。これは x_n, u_n があいまいな状態(x_n, u_n のあいまいさは $\mu_{x_n}(x_n)$, $\mu_{u_n}(u_n)$ で与えられる、μ はメンバーシップ関数を表わす)を表わす変数とする場合は、x_{n+1} の'あいまいさ' $\mu_{x_{n+1}}(x_{n+1})$ は $\mu_{f_n}(x_{n+1}|x_n,u_n)$ なる条件づけられた関数を定義し、この μ_{f_n} を使って $\mu_{x_{n+1}}(x_{n+1})=\bigvee_{x_n}\bigvee_{u_n}\{\mu_{x_nu_n}(x_n,u_n)\wedge\mu_{f_n}(x_{n+1}|x_n,u_n)\}$ ($\vee$: max, $\wedge$: min)と表わされる。x_n と u_n とが相互作用のないとき、すなわち $\mu_{x_nu_n}(x_n,u_n)=\mu_{x_n}(x_n)\wedge\mu_{u_n}(u_n)$ のときは $\mu_{x_{n+1}}(x_{n+1})=\bigvee_{x_n}\bigvee_{u_n}\{\mu_{x_n}(x_n)\wedge\mu_{u_n}(u_n)\wedge\mu_{f_n}(x_{n+1}|x_n,u_n)\}$ となる。また x_n, u_n 自身があいまいさの度合を表わす変数(Fuzzy変数)の場合は、$f_n(x_n,u_n)$ はFuzzy論理関数となり、その値は x_{n+1} のあいまいさを表わすことになる。集合 $\{x, u\}$ は無限集合であるが、これを有限個の区間に区切ることが可能であればFuzzy行列を使って推論プロセスを行列・ベクトルの演算で近似的ではあるが実際的に表現することができる。実際、推論プロセスの多くは $n=1$ か2程度であるし、x の区分は2~5程度で十分である場合が多い。またベクトル x, u の次元 $(l_n+l'_n)$ は5次元以内がほとんどと考えられるからである。したがって、メンバーシップ関数を階段関数で近似するにしても'次元ののろい'に陥いる恐れはないし、関数の値も、主観的なものであるから案外容易に得ることができる。f_n がFuzzy論理関数である場合についても、x, u の値を有限個に区分することは効用が大きいし、実際的である。Fuzzy代数・論理を使って、あいまいな状態の判断を処理する例は、紙面の都合上挙げることができなかったが、数多く考えられる。しかし、重要なことは、メンバーシップ関数を与えたり、論理関数の関数形を決定したり、あるいは、判断のグレードを設定したりするのは、主観にもとづくものであるけれども、あくまで専門的・経験的知識が前提となる点である。

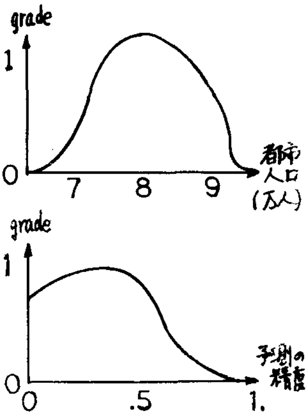

図4　メンバーシップ関数

4　おわりに

この'あいまいさ'の逆の概念として、意志決定の'頑健性'を規定できる。多数の主観にもかかわらず頑健性の大きな決定を求める必要があるし、頑健性からのチェック機能を組み込んだ計画システムを導入することは重要なことであろう。このためにも、この領域での議論を発展させることが望まれる。