

阪神電鉄
正会員
木下栄蔵

§1 はじめに

1980年代を前にして、日本の政治・経済は大きく揺れ動こうとしている。さらに工業化社会としてアメリカのあとを追ひ、いまや脱工業化社会に入つて、またアメリカのあとを追っている日本の社会で、価値観は変動し、ますます多様化していく。このような変化を革命、変革、なんと呼ぶのか？ アービン・トフラーは、「革命に耐えられない多くの人々が、パニックに追いこまれる」という考えを「未来の衝撃」という言葉で表現している。ウィリス・ハーマンが主張しているのは、革命ではなく、変革の最中だという説である。ダニエル・ベルは、「脱工業化社会の到来」という表現を用いている。

日本の成長が近く停滞するであろうという予測をブレヂンスキーは「ひよけな花」という本の中で因果律の手法を用いて説明しその予測は当たった。しかし、変曲点にきた今の状態で、従来の因果律手法が役に立つであろうか？ ガルブレイスが説明するように「不確実性の時代」なので、従来の因果律は成立しないと考えるのが妥当である。

私は、かねてから現在は、「熱力学第1法則」の時代から「熱力学第2法則」の時代へ変革しているのだということを主張し続けた。ところで、従来は、エネルギー変換に明けくれた時代。土木構造物を初め、さまざまな「もの」をつくるという熱変換をくり返した。つまり、熱力学第1法則が支配した時代である。ところが、「もの」がある一定容量以上になると、エネルギー変換に抑制がかかって、今までと違った動きが生じてくる。それが、熱処理の問題である。すなわち「熱力学第2法則」が支配し、社会システム全体のエントロピーは増大し続けるのであるから、エネルギーの秩序化、熱の捨て方と捨て場を考えなければならなくなった。新しいエントロピー制御の時代と考えられる。そのような社会状況のなかで、より多くのインパクトを国民に与える土木施設の計画はその総合評価において非常に重要な課題である。

ところで、企業の「商品」は、時の流れに従って、大きくなっていく。つまり、1980年以降、主流をなすのは、「巨大商品」と考えられると予想する。自動車という商品は、部品数約 10^4 、ジェット航空機は 10^5 、宇宙ロケットは 10^6 、最後に「巨大商品」といわれる都市産業は 10^8 以上のシステム産業である。このなかには経済、社会、生活系（教育・保健等）、移動系（交通・情報）、廃棄物処理系というどれをとっても、1つのシステムであるサブシステムがたくさんある。その内容を分析してみると、次のようなことがわかる。1つは、いずれも巨大商品であつて部品数がきわめて多く、コンプレックスであること。2つ目は、要求される第1の技術は、こういう複雑な部品の組合わせをさめるシステムであり、商品として高価なものは、「システム」そのものの、という形なき商品であること。最後に、提出されたシステムによって、使用部品が決まるが、この使用部品は旧来の「製品」であること。

以上によりこれから、形なき商品であるシステムを売る企業と、システムを構成する部品としての製品を商品として売る企業にわかれる。しかも、中心になる商品は、形なき商品であるシステムであり、そのシステムは 10^8 以上の部品数をもつ「都市システム」産業であると予想できる。しかもそれらのシステムをまとめあげるのは「新しい商品を生み出すための、チームのマネジャーを専門業としてつとめるエンジニア」すなわちシステム・エンジニアである。彼らは、企業という従来の組織のなかで現在育ちつつあるのである。

さて、そのような都市産業が企業の経営戦略のなかに入ってくると、都市産業を構成する土木施設の計画は、行政体、地元住民、利用者というファクターの他に企業というファクターが入り、各々の指標から、総合的にとらえる必要がある。

§2 システム挙動の仮説

我々が今取扱う土木施設計画は、種々の情報によりある意志決定を行い、互いに独立な指標から見た最適化もしくは均衡化を導くものであるが、それらは、社会システムのなかの挙動と考えられる。そこでシステムを、目的・機能・目標という視点から見ることにしよう。第1は、明記されたシステムの目的。これは設計者やマネジャーの「目標」である。第2は、粗込まれた「機能」。これは、システムが実際に行なうことである。最後に、システム自身の目標。これは、他の目標に先んじて基礎となるものがあるが、「システム」は、ぜひとも自己保存しようとする盲目的で本能的な衝動がある。

そこで、吉田民人氏が、提唱している行動科学における「機能」連関のモデルをシステム系に適用してシステム挙動の仮説とする。

i) 第1仮説 自己保存系の仮説

対象とするシステム系は、自己保存系として把握される。

すなわち、自己保存系は、もっとも一般的には、「エントロピー増大の傾向を阻止して、みづから負エントロピー（秩序度）をつくりだすことのできる系」と定義されるのである。

ii) 第2仮説 要件性の仮説

自己保存系システムの内外の諸要因は、系に対して正負・大きささまざまな要件性を持っている。

すなわち、正の要件性とはXの存在が系の存在に対して有する不可欠性＝代替不能性であり、負の要件性とはXの消滅が系の存在に対してもつ不可欠性＝代替不能性である。

iii) 第3仮説 機能的相互作用の仮説

要因間の相互作用は正・負機能的相互作用である。

要因Xの要因Yに対する機能とは、Xの存在と消滅がYの存在と消滅におよぼす影響ないし作用であり、Yの存在を促進し、消滅を阻止する作用は「正機能」、消滅を促進し、存在を阻止する作用は「負機能」、そして無作用ないし促進も阻止もしない無記中性の作用は「ゼロ機能」、と名づけられる。

iv) 第4仮説 適合性ないし負エントロピー増大の仮説

諸要因はシステムの適合性が増大するような方向に変動する。

適合性増大の仮説は、「負エントロピー増大の原理」という自己保存系の一般法則を特殊化したものである。

v) 第5仮説 不適合化の仮説

システムの所与の部分の適合化は、その条件ないし結果として、他の部分に不適合化を招きうる。

不適合的連関はそれ自体として生起するのではなく、他の部分の適合化に必要な条件として発生する。

vi) 第6仮説 均衡化ないし負エントロピー最大の仮説

諸要因の適合化すなわち変動は系が均衡状態にいたるまでつく。

システムの「均衡状態」とは、システムのいかなる部分の適合化も、その条件ないし結果として、他の部分により大きな不適合化を惹起するような状態、と定義される。システムの適合性がマクシムになった状態とは、すなわち「負エントロピー最大」の状態である。

vii) 第7仮説 基本状態の仮説

システムは適合均衡・適合不均衡・不適合不均衡・不適合均衡という4つの基本状態のあいだをこの順序で、相互に移行する。

§3. 多目的計画問題

ビック・プロジェクトである土木施設の計画は、その性格上、多目的計画になる。これは、与えられた技術的、環境的制約内で、多くの目的をできる限り満たすような計画案を求めることを目指している。複数の目的関数を扱う問題では、「他の目的の達成値を改悪させることなしには、もはやどの目的の達成値も改善しえない」という状態（パレート最適、有効と呼ばれる状態）を1つの解として求めることが考えられる。これにはベクトル最大（小）化問題があり、各目的関数 $g_i(x)$ に非負係数 $w_i (\geq 0)$ を与えた、

$$\max_{x \in X} \quad w^T \cdot g(x) \quad (1)$$

の解として、あるいは $S_p = \{w \mid w \geq 0, \sum w_i = 1\}$ の条件を満たす重み $w \in S_p$ を使った

$$\max_{x \in X} \min_i \{w_i g_i(x)\} \quad (2)$$

の解として得ることができる。

通常、有効解が一意的に定まることはまれで、目的空間上に示した実行可能領域の縁の一部が有効解の状態を満たすというケースが多い（図-1）。そこでこの部分に対応する解、すなわち有効解の集合の中から、なんらかの合理性を持った特定の解を「妥協解」として選ぶことが必要である。

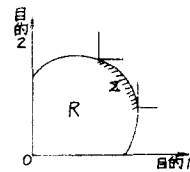
複数目的を扱う別のタイプの方法に目標計画法がある。

これはパレート最適性のかわりに各目的の目標値を事前に与え、それからの差異を最小にすることを考える。また通約性

のかわりに目的間に優先順位を与え、その優先順に目標を達するように可能領域をカットしていく方法である。

ところで、さきほど述べたパレート最適の有効解の集合は、意志決定者に提示される「計画代替案の集合」と考えることができる。意志決定者は、このなかから自分の選好にもっとも見合った計画案を選択することになる。しかしこの場合は次のような問題点がある。1つは目的の数が多くなるにしたがって、有効解を求めるのが困難になり、効率的に有効解を求める方法を研究しなければならないこと。もう一つは、有効性だけでなく合理性のある評価基準を導入する事により、有効解の集合から適当な大きさの部分集合を求めなければならない。すなわち意志決定の問題となる。

意志決定理論は、次のように定式化できる。 Z : 決定者, $A_1, A_2, \dots, A_m$: 行為の集合, A_i : 意志決定者の決定を最適化とする行為, $S_1, S_2, \dots, S_n$: 状態, $P_1, P_2, \dots, P_n$: S_j の出現する確率 ($\sum_{j=1}^n P_j = 1, P_j \geq 0$), O_{ij} : (A_i, S_j) から生ずる成果, U_{ij} : 決定者 Z に対する O_{ij} の効用 とすれば、 Z のなすべき決定は U_{ij} が何かの意味で最適となるような A_i を選ぶことである。この場合、 P_j が知られている場合がリスクのもとでの決定問題であり、知られていない場合は不確実性のもとでの決定問題といわれる。前者の場合は「最大期待効用基準」が原則であり、特定の確率分布に対して最良または最適となる行為が選ばれる。後者の場合は「基準によれば最適とみなされる行為（群）」を明確に選ぶような判定あるいは処理手順を定式化したり発見したりすることである。



集合Rは技術的・環境的条件のもとで達成可能な2つの目的の組合わせの集合を表わしている。

図-1 有効解（パレート最適）の集合

§4 土木施設計画とその最適モデル

土木施設計画を「都市システム」の側面からみると、都市における効果分析の検討という問題に帰着する。都市の諸活動間には錯綜した相互関連性が存在するため都市施策は直接的効果のみならずいろいろの波及効果を伴

う。したがって、都市問題の解決のためには、問題相互間の関連性を把握したうえで、都市問題全体としての解決をはかるアプローチが必要である。「都市システム」にとって重要なテーマは意思決定者のための情報システムであり、その中核をなすシステムモデルは、図-2のように構成される。

さて、このような意思決定過程のなかで、最適ポリシーあるいは最適状態を設定する際、複数の立場から論じる必要がある。「都市システム」の場合、公共体、地元住民、利用者、企業となる。つまり、4人のプレイヤーにおけるゲームの理論が成立するわけである。また、一方の利益が

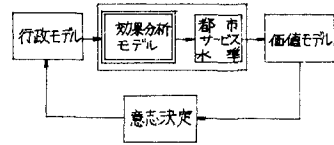


図-2 都市効果分析モデル

、そのまま他方の損失になるとは限らないから、任意の2人の利害は必ずしも完全に相対立するとは限らない。しかし、任意の2人のプレイヤーがあらかじめ相談して、両者にとってともに有利な方式を見出すという取引（negotiation）はないものとする。よって、このゲームは、非零和・非協力2人ゲーム（4人のプレイヤーから任意の2人を代表とする）となる。プレイヤー P_1, P_2 の持つ純粋戦略を、それぞれ $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$ とする。 P_1, P_2 によって i, j という純粋戦略が用いられたときの、 P_1, P_2 の受取る利得を、それぞれ a_{ij}, b_{ij} と表わし、その組を $O_{ij} = (a_{ij}, b_{ij})$ とすると、つぎのような利得表が得られる。（表-1）

このような状態で、 P_1, P_2 がマックス・ミニマックス混合戦略を用いたとき、 P_1, P_2 は、どちらの戦略を用いるべきかを決定することができない。つまり零和という制限が取り除かれて、戦略の取り方によって、2人の利得の和が変化する場合には、零和ゲームにおける理論は、そのままではもはや適用できなくなる。非零和ゲームにおける2人のプレイヤーが獲得する利得の関係は、図-3のように示すことができる。

~~表-1~~

	1	...	j	...	n
1	(a_{11}, b_{11})	...	(a_{1j}, b_{1j})	...	(a_{1n}, b_{1n})
...					
i	(a_{i1}, b_{i1})	...	(a_{ij}, b_{ij})	...	(a_{in}, b_{in})
...					
m	(a_{m1}, b_{m1})	...	(a_{mj}, b_{mj})	...	(a_{mn}, b_{mn})

表-1

図-3において (a_{ij}, b_{ij}) および (a_{kl}, b_{kl}) という点は、経済学でしばしばいわれるパレート最適の点である。すなわち、他のプレイヤーの利得を減少することなしに、自分の利得を増加することができない点である。また、それは、このゲームの均衡点と呼ばれる。

ところで、このような組合せのなかで「都市システム」という土木施設システムの計画の意思決定とそれに伴う評価がなされるべきである。

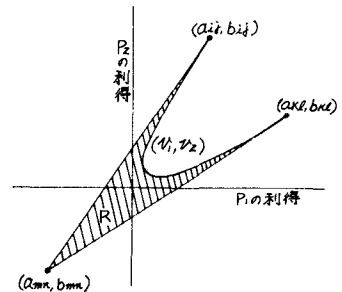


図-3

§5 おわりに

土木施設計画は、社会システムに多くのインパクトを与える。そこで、社会システムの最適化問題を考えてみる。ルールズは、それに対して次のように言っている。それは、人々が「無知のヴェールにおおわれた初期状態」というならば、自分が最も不利な立場におかれるリスクを共有している状態で、最も不利な立場におかれた人々へ最大限可能な便益を保障するような社会契約である。すなわち、ルールズのミニ・マックスの原理である。土木施設の計画も評価も基盤として以上のような理念の上に行なうべきである。

参考文献

- | | | | |
|---------------|------|------------|-------|
| 1) 未来をひらく着想 | 糸川英夫 | 2) 行動科学入門 | 嘉味田朝功 |
| 3) 経済サイバネティクス | 飯尾 要 | 4) 土木計画とOR | 吉川和広 |