

〈特別講演〉

都市計画への数理的アプローチ†

青 山 吉 隆*

1. はじめに

ただいまご紹介していただきました青山です。私のような弱輩にとりまして、大西記念文献賞は身にあまる栄誉でありますし、このような席でお話させていただくのは正直のところ身の縮む思いでございます。

私が賞をいただいた論文〔1〕を簡単に申しますと、マス・トランスポーテーションの整備が都市圏の発展過程に与える影響を、おもに市街化の傾向と通勤交通の側面から分析して、その結果を基礎にして計画システムを組み立てたものであります。ここではこの論文の内容を起点として、さらにより広い視野から現在研究を進めていることを述べさせていただきますつもりです。

まず最初に、私の研究分野の現在の位置づけを明らかにしておきます。私はオペレーションズ・リサーチ学会の会員であります。ORの専門家ではありません。というよりも「ORマン」とはいったい何者なのかよくわからないといったほうが正しいでしょう。私はこれまで、短い研究期間ではありますが、公共施設、なかでも交通施設の配置計画を研究してきました。この研究分野を表現するとすれば、交通計画、都市計画あるいは地域計画などと呼ぶこともできますが、それらの境界は重複しており、概念規定もはなはだあいまいであります。ここでは私の研究分野を都市計画 Urban Planning¹⁾ と呼ぶことにします。

都市計画を研究するうえで、OR的な考え方、OR手法は非常に有効ですから、私自身ORには強い関心をもっています。そこで私とORとの関係ですが、都市計画の研究にとって必要な考え方、手法の一部をORから無断で借用して、これを私なりに消化するという私にとっては十分に採算のとれる関係であります。もちろん都市計画研究者がORを応用し、またORへ問題提起をすることによって、OR自体が発展するという場合もあると思いますが、私自身に関してはまだ力も不足しており、そういったご恩返しはかなり先のことになるのではないかと考えています。しかし私の論文に大西記念文献賞を授与されたのは、まさにこの都市計画からORへのフィードバックを促進・充実させるための先行投資ではないかと思われまふ。そこで私としては今日この

† 1970年11月8日 秋季研究発表会講演。

* 京都大学交通土木工学教室。

機会を借りて、身のほど知らずにも、都市計画の分野からORへの問題提起をしようと思いついたわけでありませぬ。何分にも経験の乏しい研究者がまだ発展の端緒にある都市計画²⁾について述べるわけですから、問題提起になるかどうかあやふまれますが、私なりに都市計画の現状をまとめることから始めます。

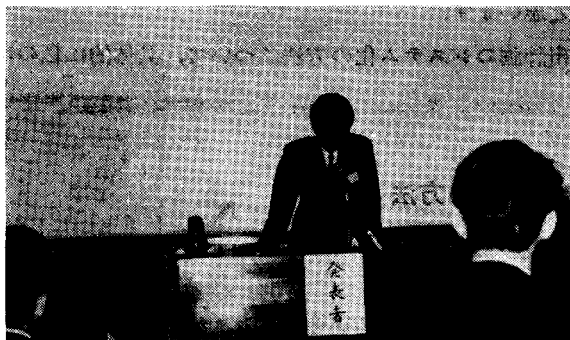
2. 都市計画の現状

ご承知のように、現在、都市計画はきわめて実践的、対症的な課題と要請のまゝに立たされているのですが、その実践を支えるべき科学的な理論構成や法則的知識の体系化はまだできていないのです。このような科学的基礎をもたないまま、現下の社会的要請に応じることは学問にとって邪道であるという批判も成り立ち、現にそういった意見もありますが、だからといって、その要請を無視できない研究者は彼らなりに問題領域を設定して研究を行なっています。こうして都市計画は本来、対象として comprehensive な人間と社会、経済、自然とを含む multiinterdisciplinary な科学であるはずであるにもかかわらず、多くの多様な事例研究を独立した形で生み出し続けています [2]。これらの事例研究の多くは、対象をある程度狭く限定して、それ以外をすべて与件とするか、あるいは無視するかして現象モデルを作成し、それと同時に、研究者の主観的判断によって評価基準を設定して計画を行なっています。こういった状況のなかで、多くの研究者が都市計画の体系化という科学的 needs と現在の問題解決の needs との間で、ジレンマに陥っているのではないかと思います。

この都市計画研究者が直面している2つの課題のうち、現在解決を待たれている都市問題がどんなに多いかはここで述べるまでもなく、日々のマスコミに詳しく報じられています。それではもう1つの課題である都市計画の体系化がなぜできないのでしょうか。もちろん多くの原因がありますが、「システムフローとしての土木計画」をテーマとして催された土木計画学シンポジウム [3] において、土木計画のシステム化ができていない主要な原因の1つは計画目的の抽象性、すなわち「公共福祉の増進」にあることを指摘しています。事実、この概念に対する解釈は人により立場によりさまざまに異なります。まして都市計画は空間複合体 spatial complex system ですから、その計画目的の抽象性（公共福祉の増進あるいは住民福祉の増進といいかえたほうが適切かもしれませんが）の解釈は非常に多様です。そして、この多様性が計画目的を規定する要因の発見やその定量化を阻んでいて、その結果当然、計画システムの構築は不可能となっています。

それでは、都市計画の評価基準の設定とその定量化は科学的には不可能なのでしょうか。現在国家政策の目標としてGNPに代わる修正GNP、福祉指標、社会指標などといった新しい福祉

-
- 1) 新都市計画法（昭和43年6月公布）に定める都市計画とは「都市の健全な発展と秩序ある整備を図るための土地利用、都市施設の整備及び市街地開発事業に関する計画」とあり、この計画の策定区域を「……一体の都市として総合的に整備し、開発し、及び保全する必要がある区域を都市計画区域」として指定しています。
 - 2) 私の「都市計画」の定義はのちほど、3・3に要約しています。この定義にもとづく都市計画の研究は始まったところです。都市の設計学や都市社会学に長い歴史があることはいうまでもないことです。



講演する青山氏

全体の測度の必要性が、公害問題が起爆剤となって強く叫ばれています。そして、A. C. ピグー以来の経済的福祉は福祉全体と比例もしくは同方向に推移するという伝統的な仮説は急速に過去のものとなりつつあるようにみえます。一方、都市社会学者が住民の福祉を示す指標の必要性を説いたのはかなり以前です [4]。たとえば、R. Dewey は「都市社会学者は都市のできごとのたんなる記述に終始してはならない。住んでいる人達の価値観、市民の要望に即応した地域開発を導くべき価値を発見する必要がある」と述べています。また、O. D. Duncan は住民福祉の諸側面の例として居住生活、交通の便、健康、公共安全、行政効果、教育、コミュニケーション、公共レクリエーション、小売店の分布、各種団体の存在形態などをあげています。しかし Dewey が価値の発見と呼んでいるように、Duncan の提示した福祉の諸側面や多くの事例計画の評価因子は科学的方法（因果の連鎖をもっているという意味での）による帰結ではなくて、あくまで主観的な提示にすぎないのです。そしてこれは当然のことですが、価値を規定する要因を演繹的に求めることは不可能ですから、要因は発見に頼らざるを得ない。そして発見された要因を経験的妥当性、おそらく統計学的方法によって検討するという方法、いわば価値を規定する要因の統計学的推測を行なわざるを得ないであろうと思います。しかし、住民の価値観は外的刺激を受けて永続的に学習過程にありますから、推測された価値（近似価値）は常に計画対象の内部にいる評価主体、この場合は都市住民からのフィードバックによって修正される必要があります。

さて、近似価値の推測に関する方法はのちほど述べることにして、価値が近似的にでも推測されたなら都市計画の体系化（これをシステム化と呼びます）ができるでしょうか。まず、推測された価値はおそらく1つのスカラー量に統合された変数、たとえば金額だとか時間などではなく、multidimensional consequence だと思われます。ですから、少なくとも都市計画システムがアウトプットすべき要因集合をわれわれは知ったことになります。そこでつぎに、これらの要因集合と制御変数の間に存在する内生変数と外生変数の sequence、すなわち現象システムを構築することによって都市モデルが完成するはずですが、現象システムは多くのサブシステムから形成されており、われわれは現在多くの独立なサブシステムあるいは個別現象モデルの研究を見出すことができます。この個別現象モデルの乱立(?)による混乱状態は価値を形成する要因集合との sequence によって整理され、また足りない現象モデルを知ることができます。そして、最終的にはシステム全体の信頼性の見地からそれぞれのサブシステムに要求すべき信頼性を知る

ことのできる時がくると思います。

それでは、つぎに都市計画のシステム化の方法について、具体的に私の考えを述べてみたいと思います。

3. 都市計画のシステム化の方法

3.1 評価システム

まず、システムは目的を明確にしておく必要があります。しかし、ここでは計画目的とは何かということを考えるまえに、計画はだれのためにするかということから考えてみましょう。明らかに都市計画は究極において都市の住民のためのものです。もちろん企業の生産活動に便宜を与えることも目的の1つですが、それは、企業の生産性向上が賃金の上昇や生産物の性能の向上を通じて住民の経済的生活を向上させるからこそ目的の1つとなり得ているのであって、システムの途中に位置するサブシステムにすぎず、究極の目的ではありません。計画目的はいわゆる都市住民の福祉の向上にあります。この抽象的な概念だけではシステムを造ることができないことはさきほど述べました。そこで、この都市住民の福祉を推測する方法について考えてみます。

まず、ある1人の都市住民と都市とのふれ合いから考えますと、都市住民は都市でさまざまな行動をしており、この行動を通じて彼は満足感を高めたり、損失感を経験しています。そこで、彼がある行動から受ける満足感あるいは不満足感の相対的大きさを部分効用と呼ぶことにします。たとえば「住む」という行動の部分効用、「通勤する」という行動の部分効用、「遊ぶ」という行動の部分効用など、非常に多くの多次元の行動を彼は行っており、それぞれの行動から部分効用を受けているとみなすことができます。これらの部分効用のなかには相互に代替性をもつ組合せもあれば、またそれ自体は他の部分効用によっては補うことができない部分効用もあると一般的に考えることができます。そこで、彼の都市生活全体を包括する満足感を示す指標を全部効用と呼ぶことにすれば、全部効用はこれらの部分効用を要素とするベクトルであるとだけ定義できます。

つぎに、この定義を都市の全住民に拡張する必要があります。当然のことですが、住民一人一人についてこれを定義し、仮説を設けることは技術的に不可能です。システム全体の信頼性を考慮すればおそらくむだです。最終的には、システム全体の信頼性を効果的に高めるために都市住民を必要ないくつかの層 class に分類することになると思います。分類基準は価値観すなわち限界効用の相異です。たとえば、住宅の効用関数を規定する要因がたとえ単身者と家族世帯とで似ていても、前者は都心へのアクセシビリティを重視しており、後者は住環境を重視しています。このように自分自身の置かれている条件によって、同じ部分効用でもその関数は違います。原則として個人によりこの関数はすべて違いますが、これをシステム全体の信頼性という視点から層化します。しかし、層化するための分類基準としての価値観の相違をアプリアリに知ることには不可能です。そこでまず最初は先の住宅の部分効用の例にみられるように、各住民の個人的特性（たとえば年齢、性別、収入、学歴、職業、家族数など）によって分類するのが便利だと思いま

す。また私としては調査が可能であれば Guttman's Scale を実証してみたいと思っています。すなわち個人的特性ベクトル I を変数とする潜在的連続体 latent continuum L を $L=L(I)$ と仮定し、この L をさらに項目特性関数 item characteristic function $\phi_i(L)$ に用い、

$$(1) \quad \phi_i(L) = \begin{cases} C_1 & L \leq L_1 \\ C_2 & L_1 < L \leq L_2 \\ \vdots & \vdots \\ C_n & L_{n-1} < L \leq L_n \end{cases}$$

式(1)に従って n 個の層に分類する。この性質を満足する関数 L と $\phi_i(L)$ をそれぞれの行動別に求めるか [5]、あるいは意識調査標本から全行動を包括する L と $\phi_i(L)$ とを求める方法を研究してみたいと思っています。この n 個の層 (C_1, C_2, \dots, C_n) の「それぞれの層の間では効用関数が異なり、かつ同じ層に属する個人の間では効用関数が等しい」という仮説に要求される信頼性あるいは許容できる不確実性は、システム全体の信頼性と係りありますが、おそらくシステム全体のなかで、この価値の推測に帰属する不確実性がシステムの信頼性をもっとも強く規制することになると思います。

一方、都市住民は都市であらゆる行動をしているのですが、それらをすべて考察することは個人の層化に関して述べたのと同じ理由でむだでありかつ不可能です。都市計画の評価のレベルとなる行動ですから、強く個人的な行動は除き、都市の外部経済および不経済と深く関係する行動、あるいはまた他の住民と影響し合う行動だけをここでは行動 action と定義します。この定義にもとづく行動の種類も永続的に多様化していますから、たえず現象からのフィードバックを必要とします。いま、都市住民の行動が A_1, A_2, \dots, A_m の m 個あるとしますと、さきほどの層 C_1, C_2, \dots, C_n との組合せによって、部分効用とは層 C_i が行動 A_j を行なうときに受ける効用 U^{ij} であると再定義できます。そしてこの部分効用 U^{ij} を要素とする行列 U は式(2)で表わされ、これは

$$(2) \quad U = \begin{matrix} & A_1 A_2 \dots A_m \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} U^{11} U^{12} \dots U^{1m} \\ U^{21} U^{22} \dots U^{2m} \\ \dots \dots \dots \\ U^{n1} U^{n2} \dots U^{nm} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

都市の全住民のあらゆる行動側面における近似価値の全体であり、この効用行列 U こそ都市計画システムの最終アウトプットであると考えます。この U の行ベクトルはある層のあらゆる行動の部分効用を要素とするベクトルです。いわゆる老人対策とか青少年対策といった社会問題の把握は、この行ベクトルに対する問題意識からなされています。また U の列ベクトルはある行動に対するあらゆる層の部分効用を要素とするベクトルです。現在のほとんどの physical planning の研究はこの行動側面からの問題意識を動機としています。たとえば通勤交通施設計画、住宅計画、道路計画などはいずれも通勤、住む、自動車交通といった行動から部分効用をとらえた計画です。しかし、現在のところ行動側面から部分効用の列ベクトルを評価基準とするモデルはほとんどなくて、せいぜい $\sum_{i=1}^n \alpha_i U^{ij}$ (α_i は層 i の重み) か、あるいはモデルにとって重要なある 1 つ

の U^{ij} を評価基準としており、多くの研究はさらに単純化して、 U^{ij} を規定する要因の1つ、たとえば金額や時間をアウトプットするモデルとなっています [6]。個別計画にとっては U^{ij} をもっとも強く規定していると思われる1つの要因を評価基準とすることで十分である場合もありますが、都市計画システムの評価基準としては不十分です。

この部分効用を要素とする行列 U をアウトプットするためには、 U^{ij} の構造の fact finding がまず必要です。層 C_i に属する個体が行動 A_j を行なうときに受ける部分効用 U^{ij} を規定している要因を、それぞれの個体が explicit に認識しているとは断定できません。ですから、われわれは U^{ij} を規定する要因を発見し、仮説を設け、これを経験的妥当性によって検証しなくてはなりません。 U^{ij} が k 個の要因 $x_1^{ij}, x_2^{ij}, \dots, x_k^{ij}$ の関数であるとする、式(3)とおけます。

$$(3) \quad U^{ij} = U^{ij}(x_1^{ij}, x_2^{ij}, \dots, x_k^{ij})$$

従来、この関数を推定する若干の研究が行なわれています。その方法はある行動に対する満足感を段階的に classify して意識調査し、それぞれの満足水準と要因ベクトルとの関数関係を判別関数法や数量化理論Ⅱ類によって推定する方法です [7],[8]。また、住民の行動が原則として部分効用を最適化することを目的として行なわれていると仮定できるなら、行動の結果には彼らの部分効用の構造が implicit に含まれているはずであり、行動結果から逆にさかのぼって、彼がその行動を決定する基準とした部分効用関数を推定することが考えられます [9]。

ともあれ、私はここに定義した意味での効用関数の数量化は社会統計の整備と並行して、推測統計学の諸手法の適切な利用と計量社会学の進歩によって、より精度を高めることができると思っています。しかし、現在もっとも必要なのは仮説を検証するための社会統計の整備でしょう。自然科学における実験の厳密さに比較して社会学の資料は不備であり、仮説の検証の際、仮説が誤っているのか、資料が不正確なのか判断に苦しむ場合が多い。われわれはこの社会統計の整備を要求し、また、われわれが積極的に統計調査を実施すべく努力することはいうまでもないことです。そのためにはまず効用行列 U の骨組みを提示し、ついでそれぞれの U^{ij} を規定する要因を提示することが先決です。当然これらの提案は経験的実証によってフィードバックされて修正されなくてはなりませんが、まず第1次近似は都市計画研究者が主観的にでも提示すべきであると思っています。

部分効用 U^{ij} を規定する要因の集合を $X^{ij} = \{x_k^{ij}\}$ とすると、それらの和集合 X は式(4)で示され、

$$(4) \quad X = X^{11} \cup X^{12} \cup \dots \cup X^{nm}$$

この X が都市計画の定義域 domain です。こうして膨大な都市現象のうち、研究対象 X を限定します。そして評価システムとは、この X から都市計画の値域 range へ写像する効用関数の集合であります。またつぎに述べる現象システムとはこの X を結果とする因果連鎖の集合であり、さらに意志決定システムは効用行列 U を情報とします。

3.2 現象システム

つぎに X を結果とする因果連鎖を追跡しなくてはなりません。要因 i の状態を x_i であらわ

すことにしますと、要因 i が状態 x_i であるのはその時点での都市構造の帰結であって、他のすべての変数との相互関係による均衡値です。そこで普通用いられている構造方程式としては X が従属している Z を探して、変換行列 B やベクトル関数 F によって、 $X=BZ$ やあるいは $X=F(Z)$ を因果関係の表現とすることが行なわれています。

この方法は短期の現象予測や現象の全体把握のために非常に有効な方法であります。これには1つのブラックボックスが前提とされています。それは Z から X への変換の経験的記述であって、この変換はそこに「変換する主体」あるいは「自然法則」が存在していたからこそ生じたはずで、しかるに、この変換主体や自然法則をブラックボックスに閉じ込めたままで、 Z から X への変換を B や F によって行なうことは、これらを「自然科学的意味での法則」であるとする操作的行為であると思います。社会科学の現象はその内部に変換主体の「意志」が存在しているがゆえに自然科学と峻別されて成立しているにもかかわらず、これらの方法は、その成立基盤である主体を無視した安易な自然科学からの類推にとどまっているものといえないでしょうか。都市現象の定義域にある X のそれぞれの状態を現象の内部に存在している変換主体の行動結果と自然法則の結果のいずれか、あるいは両方の相乗結果であると認識することによって初めて社会科学としての都市の現象システムを造ることができると考えます。

定義域には多くの変換主体があります。変換主体はインプット Z を受けアウトプット X に変換する行為をするので行動主体 action element と呼びます。行動主体は X を生み出す人間の意志であり、個人と組織とに分類され、大別して家計と企業と行政機関とから構成されていると考えてよいでしょう。これらの多数の行動主体の行動原理は自己の目的を最大限に達成することです³⁾。しかし、多数の行動主体が複雑に絡み合っている都市社会では、自己と同じように目的を最大限に達成しようとする他の多くの行動主体が存在しており、また行動主体の意志とは独立した自然変量が存在していて、これらすべての相互作用のなかでのゲームの結果として行動主体は X をアウトプットしています。それぞれの行動主体の目的と自然法則および主体相互のゲーミング、これが現象システムの構成要素です。そこでまず現象システムを行動主体とその結びつきによって表現します。なお、以下の表現と理論は Oskar Lange のシステム理論 [11] を参考にしていることをおことわりしておきます。

現象システムの対象は行動主体の集合 E と物質的对象の集合であり、1つの行動主体 E_r にとって、他の行動主体の集合と物質的对象の集合は外界 environment と呼ばれます。行動主体がインプットベクトル z_r をアウトプットベクトル x_r に変換することを E_r の「行動」と呼び式(5)の T_r で表わします。

$$(5) \quad x_r = T_r(z_r)$$

行動主体 E_r と $E_s (r \neq s)$ とが相互作用をもっているとき、 E_r から E_s への作用は E_r のアウトプット x_r が E_s のインプット z_s に連絡し、この連絡形態は式(6)の行列 S_{rs} で表わされます。

3) 松田・関口は人間の行動に目標水準を達成しようとする満足化行動があると仮定しています[10]。私にはこれを断定するだけの根拠がないのですが、かりに効用最大化行動と満足化行動の2つの行動原理があったとしても、以下の展開には影響しない。

$$(6) \quad S_{rs} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

ここに行列 S_{rs} の要素は、 x_r の要素が z_s の要素となるとき 1、そうでないとき 0 をとります。この行列は $k \times k$ の正方行列で、 x_r と z_s の大きいほうの要素の数が k であります。 S_{rs} を E_r から E_s への「結びつき行列」と呼び、 E_r から E_s への作用は式(7)のベクトル方程式によって表わせます。

$$(7) \quad z_s = S_{rs} x_r$$

また E_r から E_s への作用がない場合は定義より、 $S_{rs} = 0$ となります。さらに現象システムには意志はないけれども、インプット z をアウトプット x に変換する「自然」が存在しています。この自然を特殊な行動主体として包摂すれば、「自然法則」がこの行動主体の行動であり、すべての物質的対象がこの行動主体と結びついています。

さて定義域に N 個の行動主体があるとすれば、結びつき行列を要素とする $N \times N$ の行列 S は式(8)で表わされます。

$$(8) \quad S = \begin{pmatrix} 0 & S_{12} & \cdots & S_{1N} \\ S_{21} & 0 & \cdots & S_{2N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{N1} & S_{N2} & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

行列 S は定義域の現象の作用関係の全体を表わしており、これを現象システムの「構造行列」と呼びます。この構造行列は多くの特徴をもっていますが、そのうち都市の現象システムとして重要なことを少し列挙します。(i) もし $S_{rs} \neq 0$ かつ $S_{sr} \neq 0$ となる E_r と E_s があれば、 E_r と E_s の間には相互作用があることになり、これは都市の経済現象にしばしばみられます。(ii) また $S_{r1} = S_{r2} = \cdots = S_{rN} = 0$ となる E_r とは、 E_r のアウトプットのすべての要素が他のすべての行動主体のすべてのインプットの要素とならないので、 E_r は他のだれにも作用を与えない主体ということになります。この E_r は縁の主体 boundary element と呼ばれます。現実の都市現象には原則としてこのような縁の主体は存在していないはずですが、多数決民主主義における少数者はこれに近い状態であるといえないでもないと思います。(iii) さらに、 $S_{1s} = S_{2s} = \cdots = S_{Ns} = 0$ となる E_s とは他のいかなる行動主体のアウトプットの要素も E_s のインプットの要素と結びつかないインプットの縁の主体であり、他のだれにも作用を受けない主体です。現実には存在していませんが、行政機関、計画主体がもっとも避けなければならない位置であることは明らかです。

さて式(5)から明らかに E_s の行動も式(9)で表わされます。

$$(9) \quad x_s = T_s(z_s)$$

一方、 E_r と E_s との結びつきは式(7)のベクトル方程式で表わされますから、これらから式(10)が得られます。

$$(10) \quad x_s = T_s S_{rs}(x_r) \quad (r, s = 1, 2, \cdots, N, r \neq s)$$

これはシステムのアウトプット x_r に新しいアウトプット x_s を対応させる構造を意味しており、システムの「内的運動法則」と呼ばれます。

さらにシステム全体のアウトプットベクトル $x_r (r=1, 2, \dots, N)$ を対角要素とする準対角型行列 X によってシステムの状態を表わすと、

$$(11) \quad X = \begin{pmatrix} x_1 & & 0 \\ & x_2 & \\ 0 & & \ddots \\ & & & x_N \end{pmatrix}$$

また T を行動 T_r を要素とする行動行列として、式(12)で表わすと、

$$(12) \quad T = \begin{pmatrix} T_1 & & 0 \\ & T_2 & \\ 0 & & \ddots \\ & & & T_N \end{pmatrix}$$

結局、システム全体のアウトプットの状態 X は新しい状態 X' に式(13)によって変換されます。

$$(13) \quad X' = ST(X)$$

したがって、都市の現象システムはそれぞれの行動主体の行動を要素とする行動行列 T と、構造行列 S とによって状態 X を新しい状態 X' に変換するという自己発展的な「運動法則」をもっていることとなります。この運動法則が urban dynamics の対象になるべきものでしょう。

1915年ごろからシカゴ大学のパークたちによって発展させられた都市生態学理論 [12] はこの運動法則の結果の記述であります。しかし、この生態学理論がその後の急激な都市化の過程を説明できなかったのは、この運動法則の構造、つまり T と S にまで認識が及んでいなかったためであると思います。

われわれは、まず行動行列 T と構造行列 S とを明らかにしなければならない。そのためには都市計画の定義域に存在する行動主体の集合 E を把握しなければならない。そして、彼らの行動目的と制約および作用関係に関する仮説と実証の試行錯誤の方法しかないと思います。

ここに私が定義した現象システムに含まれる行動主体の行動の研究は、「行動モデル」としてORをはじめ数理科学に広い適用の場を提供していますが、既存の行動モデルを現象システム全体としての信頼性の視点から整理することが必要であると考えています。

3.3 意志決定システム

都市計画の意志決定主体は行政機関です。そして、さきほどの現象システムの行動主体の例に述べたように、行政機関もまた現象システムの内部に存在する行動主体の1つでもあります。行政機関は道路、上下水道、港湾、空港、公園など多くの公共施設の配置と規模とを決定する強力な行動主体として現象システムに含まれています。そして physical planning としての都市計画は、この行政機関の「行動」が現象システムの運動法則を通じて評価システムを連動させ、その結果として、効用の増加を促進させようとする行為であると解釈できます。このプロセスは行政機関のアウトプットを変数とし、現象システムと評価システムをマシンとして連動させるシミュレーション・モデルによって組み立てられます[13].

しかし、都市計画主体は現象システムのなかの1つの行動主体という位置にあるだけではありません。それは、効用の増加をはかるためには計画主体は現象システムの運動法則を制御することも可能であるはずだからです。現象システムの運動法則は式(13)で表わせるように、行動行列 T と構造行列 S によって特化されています。そこで、まず行動行列 T の行動を制御することによって運動法則を変えます。新都市計画法の市街化区域と市街化調整区域の設定は立地主体の行動の範囲を限定するものですし、また現在、急速に高まりつつある公害防止への住民運動は企業の生産活動へ規制を求めるものであるといえます。すなわち、ある特定の行動主体の行動に対する制約条件を強化あるいは新設することが現象システムの運動法則を変える1つの方法です。他の1つは構造行列 S を変えることです。 S は行動主体相互間の作用の有無を示すもので、いわゆる住民参加とは住民主体から行政機関への結びつき行列の強化を要求するものです。

このように、 T や S の制御により現象システムの運動法則を変えることができれば、必然的に現象システムのアウトプットが変化し、それは評価システムに連結して効用の増加をはかることができます。

こうして、私の定義する都市計画とは「狭義には physical planning として、公共施設の規模と配置を計画手段とし、現存の現象システムの運動法則を利用して、効用の増加を目的とする行為」であり、また「広義にはおもに法律による構造行列と行動行列の制御を計画手段とし、新たな運動法則を生み出すことによって効用の増加を目的とする行為」であるといえます。

いずれの場合にも、意志決定の原則はその計画のもたらす効用と損失の比較によるものと思いますが、効用および損失は明らかに multidimensional です。この状態においてさきほどの効用行列を意志決定の情報とするとき、少なくとも次の条件は考慮される必要があります。(i) まずすべての部分効用 U^{ij} は増加するほどよい。(ii) すべての部分効用はある基準以下であってはならない。(iii) 層に属する個人の数も考慮されなくてはならない。

しかし、これらの部分効用 U^{ij} を行動によって総合化して各層の全部効用関数を求め、さらに、これを総合して都市の全住民の効用を示すいわゆる「社会的厚生関数」 social welfare function を数量化することは、層間の効用比較を前提とする以上、科学の範囲をこえ不毛な形式論に終る可能性があります。したがって都市計画の目的関数を設定することはできないことになり、単一の目的関数の存在を前提とする計画数学を都市計画に適用することは失敗せざるを得ないし、逆に計画数学が都市計画に適用されているとしたら、必ずそこには効用比較に関する強い仮定があるはずであります。この意味で、都市計画には最適解はなく、したがって最適解を探索する意志決定システムは科学的に存在しない。しかし、パレートの「オフェリミテの極大」の概念を応用しかつ補償原理を採用したうえで「他のいかなる層のいかなる行動の部分効用をも減ずることなく、ある部分効用を増加させることのできる計画案」は少なくとも「正当」であるといえます。そして、都市計画の意志決定システムの当面の課題は、この正当性を適切に判断することのできる組織のあり方を解決することでしょう。そこで現時点で研究者に要請されているのは、正当性を判断するための情報を与えることのできる都市計画システムの提案であると思います。正当な代替案のなかのどれを選択するかは、層間の効用比較を前提とする以上、もはや科学

の範囲をこえていると思うのです。

4. システム化のプロセス

さて、都市計画のシステム化のプロセスについて、これまで評価システム、現象システムおよび意志決定システムの概略を述べてまいりました。ここでもう一度図-1にしたがってまとめてみます。

まず、評価システムは評価主体の層と、行動の種類とによって分けられた部分効用 U^{ij} の集合 U を値域 range としており、この range の定義と、これを現象システムのアウトプット X から写像する関数の集合であります。そこで、現象システムとは評価システムによる定義域 X をアウトプットするシステムであると定義され、行動主体の集合 E とそれぞれの行動の集合 T および結びつきを示す S によって構成されています。そして、意志決定システムとは狭義には行政機関のアウトプット x' により、広義には構造行列 S や行動行列 T を S' あるいは T' に制御することにより効用行列 U を U' に変え、この U' を情報として x' , S' , T' を選択するためのシステムであります。

このプロセスの現在の状態は、これまで述べてきましたように、評価システムではいくつかの部分効用関数 $U^{ij}=U^{ij}(X^{ij})$ が研究されています。現象システムでは個別に E_r , T_r , S_{rs} を限定した現象モデルが非常に多くあります。そして、意志決定システムではやはり対象を限定して、 x' , U^{ij} , S'_{rs} , T'_r を含む最適決定モデルやシミュレーション・モデルが多くあります。それぞれの研究をシステム化を目ざす1つのステップとして位置づける研究者もありますし、また、その研究対象自体は、都市計画システムとは独立した存在基盤を有しているとする研究者もあります。

そして、現在のところ都市計画分野におけるORの進出は、独立した現象モデルと最適決定モデルに多くみられます。そこではORは現象の精緻な再現と最適計画による問題解釈に大きく貢献しているといえます。しかし全体システムが見通しさえついていない現状で、個々のモデルにORを生かすよりも、ORを貫徹している考え方、システム化の戦略といった方法で、都市計画のシステム化に寄与するべきではないかというのが私の意見です。都市計画のシステム化を目的として、都市計画研究者は現時点で何を研究すべきであるのか、ORマンはどのプロセスを受け

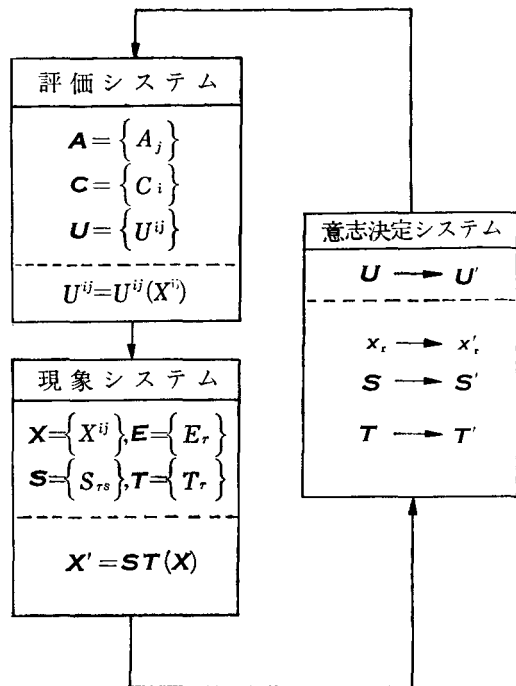


図1 都市計画のシステム化のプロセス

もつのかといった一連の研究計画プロセスの最適化にORは答えることができないものでしょうか。

5. お わ り に

以上、都市計画のシステム化の方法について私の考えを簡単に述べさせていただきましたが、私自身、いまのところある有意な信頼性をもった都市計画システムができるかどうか確信はもてないのです。しかし一度はシステム化を目ざしてみる必要があると思っています。そして、もしも不可能であることが確認されたなら、その時点で、都市計画は対症療法的技術に徹するなり、また研究者は主観的ビジョン論を研究することもやむを得ないでしょう。

以上、厳密さに乏しい内容ですが、少しでも都市計画とORの両者の発展に寄与できれば非常にうれしく存じます。

ご静聴を感謝します。

なお、この原稿をまとめるにあたり、京都大学天野光三教授からご指導をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- [1] 青山吉隆, “都市圏におけるマス・トランスポーテーションの最適計画”, 経営科学, 第13巻, 第1号, (1969), 48-70.
- [2] Maurice O. Kilbridge, Robert P. O'block and Paul V. Teplitz, “A Conceptual Framework for Urban Planning Models”, *Management Science*, Vol. 15, No. 6 (1969).
- [3] 土木計画学研究委員会, “第4回土木計画学シンポジウム”, 土木学会 (1970).
- [4] 鈴木広訳編, 都市化の社会学, 誠信書房 (1968).
- [5] 青山吉隆, “都市勤労者世帯の住宅需要構造の研究”, 都市計画, 通巻58, 59号 (1969), 36-47.
- [6] [2]にアメリカの都市計画モデルが紹介されている。
- [7] 梶秀樹, “生活環境施設整備のための社会的選好関数の研究”, 日本都市計画学会学術講演会論文集, 第5号 (1970).
- [8] 青山吉隆他, “西神ニュータウンにおける住宅需要構造について”, 交通・都市計画コンサルタント, (1970).
- [9] 青山吉隆, 森杉寿芳, “都市の土地利用構造に関する研究”, 日本地域学会第7回大会報告要旨 (1970), 35-64.
- [10] 松田武彦, 関口光晴, “目標形成過程の研究(2)”, 日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト (1970), 61-62.
- [11] Oskar Lange, 鶴岡重成訳, システムの一般理論, 合同出版 (1969).
- [12] Robert E. Park and Ernest W. Burgess, “*The City*”, The Univ. of Chicago Press (1967).
- [13] たとえば, The Center for Real Estate and Urban Economics, “*Jobs, People and Land; Bay Area Simulation Study*”, Univ. of California (1968).