Title	数理モデルの「理想性」と社会学の限界 : パラダイム変革論を越えて
Sub Title	"Ideality" of mathematical model and limit of sociology : beyond paradigm-revolutionism
Author	二藤, 尊夫(Nito, Takao)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	1978
Jtitle	慶応義塾大学大学院社会学研究科紀要 : 社会学心理学教育学 (Studies in sociology, psychology and education). No.18 (1978.) ,p.97- 105
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	論文
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN0006957X-00000018-0097

数理モデルの「理想性」と社会学の限界

―― パラダイム変革論を越えて ――

"Ideality" of Mathematical Model and Limit of Sociology

―― Beyond Paradigm-Revolutionism ――

二　藤　尊　夫
Takao Nitō

序
1.　分析装置としてのシステムス・アナリシス
2.　マルコフ連鎖モデル
3.　理想気体モデル
4.　数理モデルの「理想性」と社会学の限界
結語

序

かつて，社会学者はみづからの学説を，その準拠枠 (frame of reference) と概念図式 (conceptual scheme) から導出した。今日では，それは「パラダイム」からみちびき出されるようである。準拠枠という言葉が，それが本来もっていた知識社会学的側面を捨象され，概念図式がその認識論的ひびきを喪って二つながらたんに「前提」ないし「考え方」といった程度の意味で社会学者に用いられるようになった経緯を鑑みれば，この新しい流行語にことさら神経質になることもあるまい。いつの時代にも，知識人は流行の拘束から自由に飛翔しえぬのであるから。それが，この語にとって幸か不幸かは別にして，この語もいずれは，科学史上の操作概念としてもっていた強烈な個性を喪失し，「ソーシャリゼーション」，「アイデンティティ」などのハイカラな日常語の中に埋没するのであろう。

いわゆる「パラダイム理論」を批判する意志も準備も私にはない。仮説のあり方を明示的なものと背後的なものに分ける A.W. グールドナーの発想（かれの議論をではなく）を，私はより素直なものと感じるし，また「パラダイム」概念を知識社会学のうえで（そして，おそらくは，また科学哲学のうえで）論じようとするさいにも，同様の配慮が必要であるように思われるが，そのための吟味検討が本稿の主要な論点をかたちづくるわけでもない。そうではなくて，この語が「変革」の概念と結びつく限りでの問題点を，いくつか社会学理論の構成のうえで剔出したいのである。そうかといって，それは決して大げさな主張をふりかざすことを帰結しないであろう。ここでは，社会学が今日直面しているディズマルな状況を打開しようとする熱意のあまり，社会学の「全面的革命」を待望するようになる知的ファッショの傾向と，その心情をとりこんで自ら社会学の「パラダイム」を僭称する学派に対して，現状打開の道のりが浪漫的な情念で一気に駆け抜けることができるほど短くはないことを，わずかばかりでも示そうという，控え目な要求があるのみなのだ。この道は，かつて，マックス・ウエーバーが初めて体系的に社会学の方法を論じたときから出発して今日にいたる，平坦ではあるが長くうねった道 (long and winding road) なのである。

公正を期すならば，「社会学のパラダイム」というとき，私には「パラダイム」概念のパラダイム（見本）であった，ニュートンの運動法則が念頭にあること，またその限りにおいて私が示そうとする，以下の方向性に照らして，自らをもっともよく批判にさらしているのは，居丈高なパラダイム変革論者でも，その僭称者でもなく，むしろ生き生きとした実証的社会学者であろうこと，これら二点を明記しておきたい。事実，変革論者と僭称者は，抽象的思弁の高みにあって，具体的事例をなんらかの方法的公準に結びつける努力をしないばかりではなく，往々にして，その公準を明確にすることすらない。かくて，変革への道標は隠蔽されるのである。

私は，社会学上の一教義が恣意的にパラダイムを名乗ることを断じて許せないのであるが，それに適切な理論的装備を施せば，文句のつけようのない，まったく正しい方法となりうるものがあることを喜んで認めるつもりである。このような装備を，私はこのパラダイムという，いささか多義的で，人をうんざりさせる語に替えて，理論的アプローチと呼びたいと思う。社会諸現象をひとつの秩序としてとらえ，その構造を形成する諸機能を代数上の関数 (function) または演算子に置き換えるとき，このアプローチは，システムス・アナリシスと呼ばれる分析装置を提供するであろう。以下では，この分析装置に簡単な素描を与え，つぎに，そのよく知られた社会学的応用例を検討する。そこで見る数理モデルが社会学上の応用に賦される大きな理由は，それが，システムの履歴の将来におよぼす影響を考慮に容れる必要がないという利点のためであるが，そのことがまた，このモデルを擁護するさいのディレンマをも惹起するのである。このディレンマは，世良晃志郎が「理念型の反証可能性」の問題として摘出したディレンマと驚くほど一致する。社会学的モデルというアイディアとウエーバーによって提起された理念型的方法の着想上の親近性は，多くの論者の指摘するところである。本稿は，理念型的方法を立ち入って論ずる余裕をもたないが，にもかかわらず，この問題に一つの示唆を与えるであろう。うえの両者が同様に主張する理論構成上の「理想性」こそが，このディレンマを形成している。このことを明らかにする目的で，われわれは物理学上の「理想的」なモデルをも考察の対象とするであろう。この問題は，つとにC.G.ヘンペルが「直観的理想化」と「理論的理想化」の問題として論じたものである。私は，これを科学的予測に関する社会学の限界，という観点から捉え直したい。

1. 分析装置としてのシステムス・アナリシス

一般に，システムとは相互連関的な要素の集合と定義されている。ここでは，外部の環境から一定の仕方で刺激を受けとり，これに反応するようなシステムを考えてみよう。このようなシステムで「調整器」をそなえたものは，自動制御系と呼ばれる。調整器の意味は，すぐ後に述べられるであろう。われわれが以下で検討するのは，このような自動制御系のうちで，線型の離散型時間システムと名づけられたタイプのものである。このタイプのシステムをとりあげる理由は二つある。一つは，非線型システムに比べ，線型システムは格段に取扱いが容易であることである。いま一つの理由は，社会過程の動態をとらえるさい，離散型の時間を考えてやれば充分なことが多いからである。事実，今日われわれが入手しうる社会学上のデータの多くは，時間的に離散型となっている。

自動制御系の内部メカニズムは，およそ下図のようである (図1)[1]。

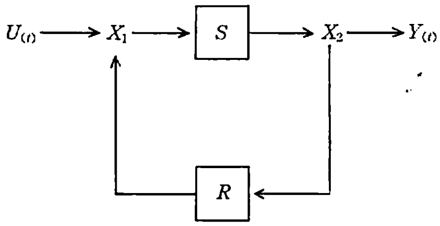

図　1

t時点における，観察可能な外部からのインプット $U_{(t)}$ および，それへのアウトプット $Y_{(t)}$ は，システム内部で それぞれ状態 X_1，X_2 に対応するとしよう。システムは，$U_{(t)}$ を $Y_{(t)}$ へと変換する機能をもつ。ここで調整器は，アウトプットに即して，インプットを修正するよう作用する。この修正は，フィードバック回路を通して施されるのである。したがって，状態 X_1，X_2 はそれぞれ，

$$X_1=U_{(t)}+RX_2 \qquad (1.1)$$

$$X_2=SX_1 \qquad (1.2)$$

また $Y_{(t)}=X_2$ であるから，これを $Y_{(t)}$ について解くと，

$$Y_{(t)}=SU_{(t)}+SRY_{(t)} \qquad (1.3)$$

したがって，システムの観察方程式は，

$$Y_{(t)}=\frac{S}{1-SR}\,U_{(t)} \qquad (1.4)$$

自動制御系の特性構造が，インプットに与える影響は，そのフィードバックにあるといって過言ではない。その意味で，われわれは，上式中の$\frac{1}{1-SR}$をとくにフィードバック乗数と呼ぶことにしよう。この乗数のかたちを注意深く見るならば，それが，つぎのような無限級数の和と考えられぬか，ということに気づくであろう。

$$\frac{1}{1-SR}=1+SR+(SR)^2+(SR)^3+\cdots\cdots \qquad (1.5)$$

S. R がいずれも比例演算子で，かつ $|SR|<1$ ならば，(1. 5) はたしかに成立する。しかし，われわれが当面の問題とするシステムは，同時システムではなく，あくまで離散型時間システムなのである。同時システムでは，時間概念を念頭に置かずともよいのに対し，この時間システムでは，投入・産出に日付けが必要とされ

る。すなわち，差分ないし移動演算子がシステム内部で機能しているのである。ここでは，$S=1$，$R=CE^{-1}$ の場合を考えてみよう。ただし，C は定数で $0<C<1$，また E^{-1} は，

$$E^{-1}X_{(t)}=X_{(t-1)} \tag{1. 6}$$

となるような移動演算子である。このとき，アウトプットとインプットの関係式は，任意の有限の時点において

$$Y_{(t)}=\left.\frac{1}{1-CE^{-1}}\right|_{o}^{t}U_{(t)} \tag{1. 7}$$

ところで，一般に E^{-1} によるトランスミッタンス(伝達比) は，(1.6) より

$$E^{-1}=\frac{X_{(t-1)}}{X_{(t)}} \tag{1.8}$$

右辺は時間の関数であるから，変数である。いま，上式右辺の絶対値の上限を，E^{-1} の絶対値とみなせば，

$$||E^{-1}||=Sup\left|\frac{X_{(t-1)}}{X_{(t)}}\right| \tag{1.9}$$

このとき，

$$||E^{-1}||<\frac{1}{C} \tag{1.10}$$

ならば，

$$\lim_{n\to\infty}(CE^{-1})^{n}=0 \tag{1.11}$$

かくて，

$$\frac{1}{1-CE^{-1}}=1+CE^{-1}+C^{2}E^{-2}+\cdots\cdots \tag{1.12}$$

ところで，(1.7) で $U_{(t)}$ が日付けにかかわらず，つねに一定で，定数 I としてシステムに投入されるならば，システムの動態はどのように展開するであろうか。このとき $Y_{(0)}=U_{(0)}$ ならば，あきらかに (1.10) の条件がなりたち，システムの関係式は，

$$\begin{aligned}Y_{(t)}&=\left.\frac{1}{1-CE^{-1}}\right|_{o}^{t}I\\&=(1+CE^{-1}+C^{2}E^{-2}+\cdots\cdots+C^{t-1}E^{-(t-1)})I\\&=I+CI+C^{2}I+\cdots\cdots+C^{t-1}I\\&=\frac{1-C^{t}}{1-C}I\end{aligned} \tag{1.13}$$

この極限は，

$$\lim_{t\to\infty}Y_{(t)}=\frac{1}{1-C}I \tag{1.14}$$

よく知られるとおり，これは，投資の乗数効果を動学的に説明するさいの，もっともシンプルなモデルである。このとき $Y_{(t)}$ は，t 時点での国民所得，I は独立投資，C は消費性向と解釈される。(1.14)式のフィードバック乗数が，いわゆるケインズ乗数である[2)]。

見たように，離散型時間システムは，差分方程式によって充全に定式化しうるのである。一般に多元の高階連立差分方程式にまで議論を進めることによって，より複雑なシステムをあつかうことが可能であろう。以下では，離散型の各時間単位に応じて，有限個の状態が推移するような確率論的モデルを吟味したい。そこでのわれわれの関心は，システムへの投入とその産出にあるのではなく，特定の初期状態が，時間とともに推移するときの確率分布のあり方にある。

2.　マルコフ連鎖モデル

マルコフ連鎖は，いまでは社会学者になじみ深いものとなっているように思われるので，ここでは，実際にそれが社会現象のモデルとして適用されるさいの，構成の仕方を中心に述べてみたい。

いま，適切な操作基準を伴なう分類学的ないし類型論的方法によって，特定の社会の職業構造が明らかになっているとしよう。それは，たとえば農林業従事者，漁業従事者，生産工程従事者，事務従事者などのような諸類型に分類されよう。さらに，その時点での前世代からの世代間職業移動も，調査の結果，解明されている，と仮定しておこう。分類されたN個の職業類型に，名義的尺度のレベルで１からNまでの数値を与えておくならば，この資料は，表２－１に示すとおりとなる。

前世代＼現世代	1	2	3	……N
1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	……a_{1n}
2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	……a_{2n}
3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	……a_{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
N	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	……a_{nn}

表　２－１

この表で，たとえ a_{23} ば，前世代から現世代への職業移動によって，職業が類型２から類型３へと移った者の人口を意味している。これらは，一般に a_{ij} と表わされ，常識的にみて a_{ij} はゼロより大，すなわち $a_{ij}>0$ である。前世代と現世代において，このような職業移動がみられる社会は，将来どのような就業状態となるであろうか。われわれは，このような長期的予測に関する数理モデルを構成しよう。

ここでは，表２－１に対応する連立方程式を立てるよ

りは，むしろ，それがそのままn次正方行列Aに対応する，とみなした方が便利である。この行列Aの全要素和は，

$$\sum_{j=1}^{n}a_{1j}+\sum_{j=1}^{n}a_{2j}+\cdots\cdots+\sum_{j=1}^{n}a_{nj}=\sum\sum a_{ij} \quad (2.1)$$

したがって，前世代の就業分布率

$$p^o=(p^o{}_1,\ p^o{}_2,\ p^o{}_3,\ \cdots\cdots p^o{}_n) \quad (2.2)$$

は，各行和を (2.1) でわって，

$$p^o=(\sum a_{1j}/\sum\sum a_{ij},\ \sum a_{2j}/\sum\sum a_{ij}\cdots\cdots\cdots\ \cdots\cdots,\ \sum a_{nj}/\sum\sum a_{ij}) \quad (2.3)$$

と定まる。前世代の就業分布率 p^o を，これから，初期確率分布と呼ぶことにしよう。また現世代の確率分布は，表2－1から明らかに

$$p^1=(\sum a_{i1}/\sum\sum a_{ij},\ \sum a_{i2}/\sum\sum a_{ij}\cdots\cdots\ \cdots\cdots\sum a_{in}/\sum\sum a_{ij}) \quad (2.4)$$

であるが，これは，初期確率分布から，つぎのようにして求められる。一般に，職業類型Iが，世代間移動によって，職業類型Jに推移する確率は，

$$p_{ij}=a_{ij}/\sum_j a_{ij} \quad (2.5)$$

いま，類型は，1からNまで与えられているのであるから，結局，現世代において職業類型Jとなる確率は，それぞれの初期確率とJへの推移確率との積を加えあわせて，

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^{n}p_i{}^o p_{ij}&=(a_{1j}\sum a_{1j}/\sum a_{1j}\sum\sum a_{ij})+(a_{2j}\\ &\sum a_{2j}/\sum a_{2j}\sum\sum a_{ij})+\cdots\cdots\\ &\cdots\cdots+(a_{nj}\sum a_{nj}/\sum a_{nj}\sum\sum a_{ij})\\ &=(a_{1j}+a_{2j}+\cdots\cdots+a_{nj})/\sum\sum a_{ij} \end{aligned} \quad (2.6)$$

したがって，現世代の確率分布は，

$$p^1=(\sum a_{i1}/\sum\sum a_{ij},\ \sum a_{i2}/\sum\sum a_{ij},\ \cdots\cdots\ \cdots\cdots\sum a_{in}/\sum\sum a_{ij})$$

となり，これは (2.4)に等しい。ところで，これは，初期確率ベクトル p^o と，(2.5) に示した p_{ij} を $i,\ j$ 要素にもつ行列Pとの積

$$[p^o{}_1,\ p^o{}_2,\ \cdots\cdots p_n{}^o]\times\begin{pmatrix}p_{11}\ p_{12}\cdots\cdots p_{1n}\\ p_{21}\ p_{22}\cdots\cdots p_{2n}\\ p_{n1}\ p_{n2}\ \cdots\ p_{nn}\end{pmatrix}$$

であるから

$$p^1=p^0P \quad (2.7)$$

このことから，任意の第r 世代を次の $r+1$ 世代から考えてみれば，

$$p^{r+1}=p^r\ P$$

すなわち，一般に，

$$p^m=p^{m-1}\ P=p^{m-2}\ P^2=\cdots\cdots=p^o\ P^m \quad (2.8)$$

ところで，仮定から $a_{ij}>0$ であり，したがって $p_{ij}>0$ となる。このような確率行列Pは，正則であると呼ばれる。いま，一般に行列Aについて，

$$tA=t \quad (2.9)$$

となるような，0ベクトルでないベクトルtを不動ベクトルと定義すれば，正則確率行列 P のべきが，終局的に，ただ一つの不動ベクトルを各行とする行列(べき等行列) T に収束することがわかっている。したがって，確率分布 p^oP^m の極限は p^oT であり，また確率ベクトルの要素和は，$\sum p_i=1$ であることから，一般に

$$p\,T=[t_1\sum p_i,\ t_2\sum p_i,\ \cdots\cdots,\ t_n\sum p_i]=t \quad (2.10)$$

となり，結局，確率分布 p^oP^m は，ただ一つの不動ベクトルに近づくこととなる。この極限状態の確率分布は，社会の将来を長いタイム・スパンで見たさいの就業状態のあり方に対応している，と考えられる。したがって以上から，われわれは，職業移動の長期的予測を得たのであり，そのストカスティックな数理モデルとして，いま，マルコフ連鎖モデルを構成したのであった。

さて，それでは，これまでに述べてきた社会学的なモデル構成は，はたして有効な社会現象の説明と予測を与えうるものなのであろうか。見たとおり，構成された数理モデルそれ自体の内在的論理には，まったく矛盾はない。したがって，そこからみちびき出された予測も，正しい推論の結果であることは，たしかである。しかし，このことは，うえのモデルが，現実に生起する諸現象の将来について，確実な経験的情報を提供している，ということをことさら意味するものではない。むしろ，実証研究に携わる社会学者にとっては，理想的数理モデルの科学的役割も，たんに索出的意義をもつ点にあるのが現状だ，といっても過言ではなかろう。事実，1955 年以来，日本の職業移動分析に関する共同研究に携わってきた社会学者の一人である富永健一は，社会学的研究に占めるマルコフ連鎖モデルの役割について，およそ，つぎのように述べている。

実際の職業移動は，推移確率行列のべきのように，ただ一つのべき等行列に収束することはないのである。たとえば，1955年のデータにもとづいて構成されたマルコフ・モデルのシミュレーション結果によれば，日本の農業従事者の人口は，減少過程にあるにせよ，長い将来にあっても，全体の就業人口に占める比率を見れば，23%を維持しつづけるはずであった（表2－2参照)。[1]

ところが，現実の農業従事者の人口比率は，それからたかだか13年後の1968年の時点において，すでに，20%以下に落ち込んでしまったのである。このことは，明らかに，マルコフ・モデルが，現実の職業移動の予測に失

表2－2　マルコフ連鎖モデルによる職業構造の動向

A．1955データによるシミュレーション

	$p^{(0)}$	$p^{(1)}$	$p^{(2)}$	$p^{(n)}_{n\to\infty}$
ノンマニュアル	0.36	0.41	0.43	0.45
マニュアル	0.26	0.29	0.31	0.32
農業	0.38	0.30	0.26	0.23

B．1965データによるシミュレーション

	$p^{(0)}$	$p^{(1)}$	$p^{(2)}$	$p^{(n)}_{n\to\infty}$
ノンマニュアル	0.46	0.54	0.58	0.61
マニュアル	0.35	0.36	0.35	0.34
農業	0.19	0.10	0.07	0.05

敗したことを物語っている。しかし，富永によれば，数理モデル構成の意図は，予測そのものにあったのではなく，むしろ，そのような予測の失敗から，逆に職業移動を決定する他の要因（それは，専門職業化という現象であるかもしれない）を発見するところにこそあった。かくて，相異なる二時点におけるシミュレーションの決定的な違いこそが，報告するにたる発見である，と富永は結論するにいたるのである[2]。

以上の富永の主張，すなわち，社会学における数理モデルの役割を，その索出的意義に求める主張は重大な論点を含んでいる。マックス・ウエーバーもまた，理念型のもつ索出的意義を強調するのであった[3]。ウエーバーによって定性的な理論構成法とし定式化された理念型と，それを定量的に再定式化したものとみなしうる数理モデルとが共有する，この索出的意義とは，社会学的理論構成の本質的な限界を示唆するものなのであろうか。この問題にはいる前に，自然科学上のモデル構成についても吟味し，あわせて，社会科学におけるそれとの相異点を浮き彫りにしたい。ここでは，気体状態に関する理想的モデルを構成することによって，ボイル・シャールの法則がいかにして，このモデルからみちびき出されるかを見る。

3．理想気体モデル

一定量の気体の体積 V が，絶対温度 T に比例し，圧力 p に反比例することを言明するボイル・シャールの法則は

$pV/T=p_0V_0/T_0=R$（ただし，R は定数）

ないしは，より簡潔に，

$pV=RT$

と定式化される。よく知られるとおり，これは，ボイルが発見した気体体積と圧力についての関係式と，別名，ゲイ・リュサックの法則とも呼ばれるシャールの比例式（これは，気体体積と絶対温度との間に成立する）とを結びつけて得られた法則である。この法則には，現実の気体状態に関する特定の理想化，ないしは極限化が前提されている。この極限化された気体を理想気体と呼ぶことにすれば，少なくとも，理想気体には，以下のような条件を満たすことが要求されていよう。

1）気体分子間の相互作用は，無視されるほどに微小であること
2）定圧比熱（すなわち，一定圧力のもとで気体温度を一度上昇させるのに必要な熱量）が，気体温度そのものとは無関係であること
3）気体分子の運動エネルギーの総和は，絶対温度に比例すること

条件 1），3）においては，気体構成要素を分子とみなしている。ここでは，われわれの知識がたかだか19世紀の段階にあると仮定しよう。ドルトンが定比例法則の成立根拠として原子概念を物理学に導入したのは，19世紀の初頭であった。ついで，アボガドロによって，水蒸気の化学的結合と気体反応法則との溝をうめるべく，気体分子の構想が理論的に定式化されたとき，今日いわれるところの原子・分子学説が確立した。20世紀の観察技術上の発展は，分子の存在を経験的に確認することを可能にしたが，ここでは，とりあえず，うえの原子・分子学説を仮説として援用するのである。

ところで，われわれの意図する気体モデルの構成にとっては，なによりも，まず気体の圧力現象をいかに把握しておくか，が問題となろう。したがって，気体分子の構想を認めると同時に，気体分子が立方体容器のなかで運動しているものと仮定して，器壁に衝突するさい，それぞれの気体分子が器壁に与える力，を圧力ととらえ返さねばならない。より厳密にいえば，気体圧力とは，それぞれの気体分子が，器壁単位面積あたりにおよぼす力積の総和である，と理解しておくのである。力積は，ふつう，力 $\vec{F}$ と微小時間 Δt との積，$\vec{F}\Delta t$ で定義されるが，ここでは端的に，運動量（質量×速さ）の変化と同義である，とみなしてよい。さらに，圧力を一定に保つためには，器壁との衝突の前後で，気体分子の速さは変化しない，ということを決めておく必要がある。このような速さの変化を伴なわぬ理想的な衝突は，完全弾性衝突と呼ばれる。なぜ，完全弾性衝突の仮説が必要かは，

容易に理解されよう。もし，気体分子が衝突によって減速するならば，圧力は低下し，これは経験と反するからである。

いささか，前置きが冗長になったが，以上から，理想気体モデルを構成し，ボイル・シャールの法則を捉え直してみよう。

まず，器壁との衝突によって，気体分子が器壁に与える力積は，その分子の運動量の変化に等しいのであるから，気体分子1個の質量および速さを，それぞれ m, v, とすれば衝突前の分子の運動量は，mv，衝突後は速さの向きがかわって，運動量の変化は $-mv$，したがって，運動量の変化は $2mv$ となる。これを式で表わせば，

$$mv-(-mv)=2mv$$

また，気体を収容している立方体容器の各辺を l，とすれば，器壁Aに衝突した気体分子が器壁Bに至り，これと衝突して，ふたたび器壁Aに戻ってくるまでの距離は，$2l$ であるから，結局，単位時間における気分体子と器壁との衝突回数は，$v/2l$ となる。このことから，気体分子1個が，器壁Aにおよぼす単位時間の力積は，

$$2mv\times v/2l=mv^2/l \qquad (3.1)$$

ところで，現実には，多数個の気体分子が，あらゆる方向にむかって，それぞれ異なる速さで容器内を運動しているはずであるから，議論を進めるさいに，あらかじめ，それぞれの気体分子の速さについて，その2乗の平均値を定義しておくと都合がよい。

いま，気体分子の速さ v に一定の運動方向を考え，これを気体分子の速度とするならば，それは直交座標上に速度ベクトル $\vec{v}$ で示され（図3），また，その分速度をそれぞれ，v_x, v_y, v_z, で表わせば，

$$v^2=v_x^2+v_y^2+v_z^2$$

多数個の気体分子の分速度について，その2乗の平均値には

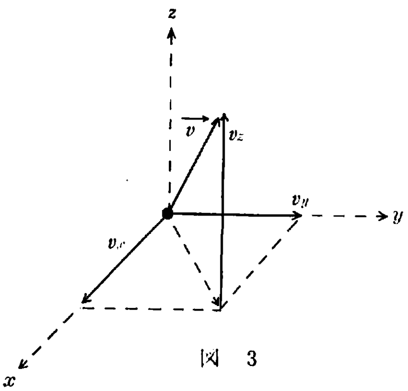

図　3

$$\bar{v}_x{}^2=\bar{v}_y{}^2=\bar{v}_z{}^2=1/3\,\bar{v}^2 \qquad (3.2)$$

が成立するので，立方体容器内の気体分子総数を n として (3.2) 式の各辺に nm/l をかけると，

$$nm\bar{v}_x{}^2/l=nmv_y{}^2/l=nmv_z{}^2/l=1/3\,l\cdot nmv^2$$

(3.1) から理解されるように，これは n 個の気体分子の単位時間における器壁への力積を示している。さらに圧力 p は，器壁の単位面積に働く力積の総和に他ならないから，

$$p=1/3\,l\cdot nm\bar{v}^2/l^2$$
$$=1/3\,l^3\cdot nm\bar{v}^2 \qquad (3.3)$$

いま，容器の体積を V で表わせば，l^3 は V に等しいことから，(3.3) は結局

$$pV=1/3\cdot nm\bar{v}^2 \qquad (3.4)$$

と書き改めることができる。ところで，容器内の分子の運動エネルギーの総和を U_k とすれば，

$$U_k=1/2\cdot m\bar{v}^2\cdot n \qquad (3.5)$$

が，別に，運動エネルギーに関する力学の法則から知られている。したがって，(3.5) 式の結果を (3.4) 式に代入してみると，

$$pV=2/3\,U_k \qquad (3.6)$$

が成立する。さらに，さきに示したとおり，理想気体の構成条件 3) は，分子運動エネルギーの総和が，絶対温度に比例することを要求しているから，いま絶対温度を T，気体モデルの定数を R で表わしてみると，

$$U_k=3/2\,RT \qquad (3.7)$$

が成立しなければならない。ここで，$3/2\,R$ は，分子運動エネルギーの総和と絶対温度との関係式における比例定数である。したがって，さきの(3.6)式は，この(3.7)式から，

$$pV=RT \qquad (3.8)$$

と書き改められる。

見たとおり，いま，われわれは理想気体モデルを構成することによって，ボイル・シャールの法則を導き出すことができた。ここでは，適当な補助仮説として，原子・分子学説を援用して，うえの法則を古典力学において認められた法則から演繹したのである。流体静力学的概念が気体にもあてはまるといった理解がなければ，ボイルの実験も違った解釈を受けていた，ということは恐らく正しいだろう[1]。しかし，そのような理解さえあれば実験抜きでボイル・シャールの法則が定式化しうると考えるものは，一人としていまい。その意味で，この法則が経験的一般化の側面をもつことは明らかである。そうだとすれば，いま見た理想気体モデルから，古典力学の概念を適用することによって演繹されたボイル・シャー

ルの法則は，いったい何だったのか，という疑問が当然生じてこよう。周知のC.G.ヘンペルの図式にしたがえば，ボイル・シャールの法則は，被説明項文の説明をひきうける一般法則である。それは，先行条件文とともに，科学的説明における説明項集合を形成し，特定の先行条件から「なぜ，被説明項現象が生じたか」という問に答えるものであった。これは，被説明項を演繹的に包摂するところから，このような説明仕方は，演繹的一法則的説明 (deductive-nomological explanation) と呼ばれる[2]。したがって，古典力学の諸法則もまた，経験的一般化としてのボイル・シャールの法則をさらに被覆する，より高次の演繹的法則的説明であることが，容易に予想されよう。以下では，理想気体モデルにおけるボイル・シャールの法則の科学的役割を若干ながら検討し，あわせて社会学的モデル構成の満たすべき要件を剔出したい。

4. 数理モデルの「理想性」と社会学の限界

黒崎宏は，理想気体モデルについて，それが仮説の身分にあることを指摘している[1]。ここでは，経験的一般化 (empirical generalization) としてのボイル・シャールの法則と，理想気体モデル (ideal gas model) におけるそれとを区別するために，前者をE・G，後者をI・G・Mと書きわけることにする。すると，I・G・Mにあらわれる述語の性格が，前者のE・Gに見られるそれと異なることが，容易に理解されよう。たとえば，「xは時刻tにおける高温低圧の気体である」というE・Gにおける述語と，I・G・Mに見られる「xは時刻tにおいて器壁と完全弾性衝突を起しつつ，容器内を運動している分子からなる」という述語とを比較してみればよい。前者が，観察可能な対象について述べられた観察言語によって形成されているのに対して，後者においては，そもそもxなるものが分子からなることを，法則を用いずしては確かめようがないからである。また，マクロレベルにおける古典力学が，ミクロ・レベルの分子運動においても貫かれていることは，それ自体ひとつの仮説に他ならない。したがって，I・G・Mにみられる上の述語は，仮説的対象に関するものと考えられる。換言すれば，E・GとI・G・M の間を橋渡す規則が構成されるならば，古典力学理論は，経験的一般化としてのボイル・シャールの法則を被覆する，より高次の演繹的一法則的説明となるのである。このことを，いま少し詳しく考察してみよう。前節でも述べたとおり，E・Gは，現実の気体状態に関する何らかの理想化を胎んでいた。そして，その理想化が理論的にどのようなものかは，I・G・Mを構成することで明らかとなったが，経験的には，E・Gは温度があまり低くなく，圧力が高すぎない場合の気体について述べられたものなのである。したがって，これらのことを念頭にいれながら，E・Gに表われる比例式を厳密に再定式するならば，

$$(x)(t)\ \ (C_{xt}\supset(P_{(x,t)}\cdot V_{(x,t)}=R_{(x)}\cdot T_{(x,t)}))$$

若干の敷衍が必要であろう。(x)，(t) は，それぞれ「すべての x，すべての t について，以下のことが成立する」という程度の意味である。'P'，'V'，'R'，'T' のそれぞれの意味は明らかであるが，ここで C_{xt} とは「x は時刻 t において，条件 C を満足する」ということを表わす。ここで，条件Cは，「高温低圧の気体であること」に他ならない。また，(3.8) の状態式は，I・G・Mに含まれるものであるから，これを別に $P'V'=R'T'$ とすれば，それは，

$$(x)(t)(C'_{x,t}\supset\ (P'_{(x,t)}\cdot V'_{(x,t)}=R'_{(x)}\cdot T'_{(x,t)}))$$

と定式され，$C'_{x,t}$ こそは，x が時刻 t において，分子からなることを示す前出の述語となるのである。$C_{x,t}$ は観察によって操作的に定義することができるが，そもそも仮説的対象に適用される $C'_{x,t}$ にはそれができない。見方をかえれば，これは前者が，たとえ観察不可能な対象について，その適用が制限されたとしても，後者にはそのような制限は生じない，ということである。このような適用範囲の差異は，$C_{x,t}$ $C'_{x,t}$ とが対応するさいに，それが部分的対応となることを意味している。すなわち，$C'_{x,t}$ は $C_{x,t}$ から部分的にではあるにせよ，経験的意味を附与されている，と考えることができるのである。$C_{x,t}$ の適用範囲における限りは，$C'_{x,t}$ もまた，前者を介して観察可能な述語となり，したがって，器壁と完全弾性衝突を繰り返す分子からなるものは，それを高温低圧の気体と解釈することで，現実の高温低圧状態において，観察可能となるということである。さらに，現実の気体状態が，低温高圧になるなどして，気体そのものが観察不可能となるならば，「分子からなるもの」は，ふたたび，たんなる仮説的存在にもどることになる。このように，分子からなるものを気体と解釈する文，すなわち $C'_{x,t}$ と $C_{x,t}$ との対応を指示し，前者に経験的意味を与える文を，対応規則 (correspondence rule) とよぶ。

ところで，以上に述べたことは，なにも $C'_{x,t}$ に含まれる「x は分子からなる」という述語それ自体が，観察可能な述語であることを意味しない。そうではなくて，たんに，そこに現われる分子からなるものが，I・G・

M中の経験的諸言明を介して，部分的に観察されうるにすぎないのである。事実，〝分子〟に対応する名辞は，E・G中には現われない。このことは，I・G・Mが観察不可能な名辞を保持していることを含意している。さらに，通常，I・G・M中の諸名辞は，理論的名辞 (theoretical term) と呼ばれ，E・G 中の観察的名辞 (observational term) と区別されるのだが，実は，ここに科学論上の大きなディレンマが控えているのだ[2]。しかし，この問題には，これ以上たち入ることをせず，たんに社会科学と自然科学とにおけるモデル構成の役割の差異を確認しえたことで満足したい。以上の比較から明らかなことを要約するならば，

1）就業人口移動に関する社会学的研究も，物理学におけるボイル・シャールの法則も，現実についての理想化を伴なうものである，ということ
2）しかしながら，後者は，明らかに経験的一般化として成功しており，したがって，現実に生起する現象を説明し，予測するに対して，前者では，そのような経験的記述に失敗していること
3）しかも，経験的一般化としてのボイル・シャールの法則には，それを被覆するより高次の理論体系が存在することからその理想化の程度と適用範囲が明らかとなるに対して，人口移動のマルコフ・モデルには，そもそも，その理想化がどの程度のものかを示す，より高次の理論が欠如していること[3]

という，三つの点が挙げられよう。これらを前提に，いま一度，社会学におけるモデル構成＝システム設定の意義と限界を反省してみたい。

モデルは，つねに現実に対する何らかの理想化を胎んでいる。第1節でみた経済学的モデルは，系の外部環境からの相対的独立を所与とし，非経済的因子を捨象するような理想性のうえに構成されていた。かして，独立投資の増大は消費を喚起し，消費の拡大は一国規模の国民所得を押しあげる。一国経済の繁栄は国民総生産の拡大にある，という構想のもと，各国が経済成長政策を国是として疑うことがなかったのは，つい最近までのことである。それでは，このモデルの限界を明らかにさせる「非経済的因子」とは，何であるのだろうか。この問題にふれる前に，モデル一般のもつ索出的意義について，マルコフ・モデルの人口移動への適用を例に考えておきたい。

マルコフ連鎖モデルの就業人口移動への適用が論理的に含意する仮説とは，およそつぎのようなものである。

仮説Ⅰ；すべての就業人口移動は，時刻 t_i において特定の就業状態Sにあるという確率が，時刻 $t_{i-1}(t_{i-1}<t_i)$ における状態だけによって定まり，t_{i-1} より以前の状態とは無関係であるような確率過程をたどる。

もとより，より高階の差分システムを考慮すれば，うえの仮説を手直しすることができるが，ここでの目的には，これで充分であろう。

この仮説は，われわれにとって明らかと思われる反証事例の前に倒れたのであった（と，われわれは判断した)。にもかかわらず，このモデルの本来の目的が人口移動の予測にはなく，当の移動を決定する他の要因を発見することにあるのだと主張するならば，それは主張の背後に，修正されたつぎの仮説をもつことになる。

仮説Ⅱ；他の事情にして変化無くば，すべての就業人口移動は，時刻 t_i において特定の就業状態 S にあるという確率が，時刻 $t_{i-1}(t_{i-1}<t_i)$ における状態だけによって定まり，t_{i-1} より以前の状態とは無関係であるような確率過程をたどる

明らかに，仮説Ⅰは反証可能だが，仮説Ⅱはそうでない。モデルの擁護者が，仮説Ⅱを主張しつづける限り，もはや，打つべき手はないと言ってよい。反論への道は鎖され，擁護者は，いつ，いかなるときにも，当のモデルを無垢のまま抱くことができるのである。しかし，そのことは同時に，仮説からその本質的な生命を奪い去り，経験的内容をもたない分析的概念図式へと，仮説を変質させてしまうことをも意味している[4]。

マルコフ・モデルを現時点での状態，ないしその分布の推移に関する瞬間的なトレンドと見立てる穏当な社会統計学的な主張に対しては[5]，これを全面的に認めてもよいのだが，ただし，その場合でも，このモデルのそのような用法には，いかなる程度においても「予測」的意味などもたせえないことを前提してのうえである。そこにあるのは，仮に予言ではないにせよ，たかだか，システムの将来に関するひとつの解釈にすぎない。

前出の富永は，社会学の啓蒙的な理論書の中で「要するに個別的な経験的事実についての研究を『一般化』にむかわせる用具」としてのモデルの役割を強調して，「実証とは命題を経験的に検証することであり，そして社会学は個別的事実から一般化的認識に到達する知的努力の1つだから，一般化のための用具を身につけないものは，ほんらいの意味での社会学的研究を行なうことはできない。」，と述べている[6]。私自身も含め，かなり多く

の人々が,「ほんらいの社会学的研究」から落後しかねないが, にもかかわらず, 富永の論旨は明解であり, かつ健全な主張をも含んでいる。かれは, ここでモデル構成を科学的仮説の定式化と同定しているのである。もし, かれのモデル構成の意図が「日本の一時期における人口移動の特殊な一回性」を探求する, という古典的な要請にもとづいていたのならば, 私はあえてことあげしなかったであろう。しかし, 事実がそうでない以上, うえに述べた私の指摘は考慮されてよい。繰り返せば, 仮説は概念図式へと転化した瞬間から, その生命を喪うのである。

思うに, 社会現象に施されるシステム設定は, システムが機能するタイム・スパンと切り離しては考えられない。しかし, それは, つねに初めは陰伏的なものなのである。システムを設定する以前から, システムの外的環境に対する充全な知識をもっいてることなどけしてありえないからである。用心深い経済学者が, 自らの設定したシステム・モデルが将来直面するであろう経験的な反証を予観して, あらかじめ, その索出的意義について一言つけ加えておこうとするならば, それは無用の配慮なのである。「非経済的因子」とは何であるのか, という問は, 立て方として不当である。それは, つねに「何であったか」という過去形で問われるべきであろう。それは,「資源の有限性」であったかもしれないし,「国際政治システム」や「社会の価値システム」からのフィードバックであったのかもしれない。システム外的影響のもつ意味は, モデルの限界が露呈したときに問われ, それをとり込んで新たなモデルが構成し直されたとき明らかになる。ここにこそ, 科学的予測の本質と限界が存在するのであり, 経験科学である限りにおいて, 社会学もまた同様の道を進むのである。

結　語

以上に述べてきたことから明らかなように, 社会学の今日的状況を変革するためには, よき理論的見とおしに裏打ちされた, 首尾よきモデル構成による他はない。私は, そこに至る道程について楽観的に語ったつもりはないし, また, そう理解されてはならないと考える。社会学に対してげんざい設定しうる, 経験的に意味のある測定尺度にかぎりがあることから, おのづと, そこに援用しうる数学的手法の選択も限定を蒙る。もとより, 尺度の設定と仮説の定式化の間には, 実証を媒介とした密接な相互関係があるのだが, 高水準の尺度に対応する数量モデルを, 今日の社会学の中へ強引にもちこむことは, いたずらな混乱を招くだけであろう。さらに, 将来を予測することと, 将来を展望することとは, まったく別の次元にかかわる問題であることを銘記する必要がある。にもかかわらず, 前者に意義ありと認める者にとって, 本稿は一つの考え方を示しえたと考える。そして, それこそは今日かまびすしく喧伝されている, 社会学におけるパラダイム変革論の見落している点なのである。

註

1

1 以下のような制御系は, とくにフィードバック制御系と呼ばれることもある。

2 線型演算子および線型システムの動学については, S. Goldberg, Introduction to Difference Equations, New York 1958 ; R. G. D. Allen, Mathematical Economics, New York, 1956, 安井・木村監訳「数理経済学」(上), 紀伊国屋書店, 昭和33年 ; O.Lange Wstep do Cybernetyki Ekonomicznej, 1965, 佐伯道子訳「経済サイバネティクス入門」合同出版昭和44年 ; F.Cortes, etc., Systems Analysis for Social Scientists, New York 1974

2

1 富永健一「産業社会の動態」東洋経済報社, 昭和48年

2 104頁, なお, 表２－２は同書105頁からの抜萃である

3 Max Weber, Gesammelte Aufsatze zur Wissenschaftslehre, 4. Aufl, 1973, S. 203 出口勇蔵訳「世界の大思想」河出書房91頁

3

1 T. S. Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions, Chicago, 1970, p. 28
中山茂訳「科学革命の構造」みすず書房32頁

2 C.G.Hempel, Aspect of Scientific Explanation, New York, 1965　173 f.f.

4

1 黒崎宏「科学の構成と方法」沢田允茂共編「科学時代の哲学」１, 培風館, 昭和39年(47年), 242頁, なお, 理想気体に関する以下の分析では同論文によるところが多い。

2 Hempel, ibid.

3 この第三点に関して, つとにある指摘は Hempel, op. cit., pp. 166-171

4 この立場からの理念型批判は, J. Lopreato & L.Alston, Ideal types and the Idealization Strategy, American Sociological Review, vol, 35, No. 1, 1970 pp88-96, および, 世良晃志郎「理念型的理論的構成と反証の問題」社会科学の方法 vol. 6. No. 4 御茶の水書房　昭和48年に見られよう。

5 原純輔「マルコフ連鎖と社会移動」安田三郎編　社会学講座「数理社会学」東京大学出版会, 昭和 48 年, 102 頁以下

6 富永健一「モデル構成」富永共編「社会学原論」有斐閣　昭和50年　39—40頁