政策過程のモデリング&シミュレーション

Modeling Lasswellian policymaking process

小林秀徳(Hidenori Kobayashi) 中央大学 kobaken0@fps.chuo-u.ac.jp

Abstract: Policy sciences is concerned with knowledge of and in the decision processes of the public and civic order. So have system dynamists been for a long time. I discuss here a typological promenade to civilian participation in modeling and simulation of and in the policy processes in order to help them improve on policymaking for themselves. I indicate that introducing four types of SD modeling is enough to build a model of the policymaking process even if it includes mode of chaotic behaviors in the long run.

キーワード: 政策過程 政策科学 類型論 リミットサイクル 市民参加

要旨: Lasswell の政策過程 model を dynamo 方程式によって記述し、simulation を繰り返すことによって得ら れる mental model の改訂を政策科学の理論展開に反映させるという研究計画に従い、system dynamics の主要概 念たる「multiple loop・非線型・feedback 構造」がもたらす変動性を理解することが、いかに政策過程についての 知識を改善する上で重要な試金石となり得るかを実験的に明らかにする。さらにいくつかの model 類型を呈示す ることによって、この分野の研究を深化させる上で必要な理論前提の基盤的整備を試みる。最後に参加的 modeling & simulation への拡張が参加型政策分析の実践に与える impact を予測して、SD 研究と政策科学との協働 を提議する。

政策過程論の背景 1.

政策科学の現状は1971年にPolicy Sciences 誌の創刊によって始められた一連の方法論争の成果である。それ は、次の二つの現実問題に対する academic 社会の応答であった。

-は 1960 年代を通して systems and decision science において採用されていた「制約条件付最適化問題を解くこ と=合理的意志決定」という等式が、政治的現実を反映した政策決定の model として実証的妥当性を欠くこと1。 二は社会科学において採用されていた positivist social science の基準が、科学研究の program proposal から「政策 志向性=政策決定を改善するために役に立つ知識を形成しようとする意図」を排除したことである²。

政策科学運動の二人の代表的唱道者 Yehezkel Dror と Harold D. Lasswell は、各々「経営科学と行動科学の融合」 および「政策決定過程における知識と同過程ついての知識」を専門とする新しい科学の成立によって、これら二 つの隘路を克服できるものと考えていた³。この 40 年ほどの実践において、経営科学は実証理論としての傾きを 強め、行動科学は政策志向性を自らのものとし、SD に代表される意志決定への computer 手法の導入は、政策 決定過程における科学的知識の利用を洗練してきた。他方、民主主義を標榜する政策科学は、市民の参加を主要 概念として、脱実証主義 (post-positivist science) への指向を明確にして、今日に至っている。

政策科学成立に関する社会的 context についての以上の認識が正しいとすれば、初期構想の内にあって、その 実現が立ち遅れているのは「政策決定過程についての」知識形成のみということになるだろう。なぜなら、科学 知識は label の如何によらず academic 社会の共有財産であり、経営学・政治学・経済学の区分は便宜的なもの で、いずれも同じ実証主義を方法として採るものであれば、これらに跨る知識を利用した新たな研究の proposal に学際的と銘打つ必要は全くないからである。政策志向性は、元来、社会科学のすべての領域の original な raison d'être であったし、意志決定科学の規範的 modeling は実証的理論研究のための手段としても役立てられてきた。

¹ 意志決定科学のもつこの欠陥は経営学・政治学を含む多くの研究者によって指摘されている。これを弱点として受け容れて、政策 科学の成立によりこれを克服しようというという提案が Yehezkel Dror によってなされた。 Dror [2] Chap. 3. 参照のこと。

 $^{^2}$ 社会科学におけるこの事情により、研究資源が役に立たない調査計画に偏って配分されているとして、痛烈に政府委託研究の現状 に対する批判を展開した Usable Knowledge は Lindblom and Cohen の共著 [5] として名高い。

³ Dror 前掲書および Lasswell [4] を参照のこと。この二書はいずれも 1971 年の政策科学発足にあたって書き下ろされた記念碑的作品 である。歴史的 context において読むべき古典の中に数えられる。

市民参加・民主主義は、もはや政治 slogan ではなく、社会的現実の一部を構成している。脱実証主義もまた、それが科学知識の形成に役立つのなら、社会科学の方法の一部を構成するはずである。政策決定過程についての研究が現実の政策過程を解明するに十分な知識実体を構成すれば、社会科学の一領域として便宜的に政策科学と呼ばれるものが出現する。その意味では通常科学の進歩を俟つだけで十分である。問題があるとすれば、半世紀に及ぶ研究実績を積みながら、政策決定過程についての知識形成が決定的に遅れているという現状であろう。茲に政策過程論を展開して現状の改善に些かの貢献を志す次第である。

2. 政策過程論の不備と本稿の目的

1990 年代以降の政策科学は「政策過程についての知識の形成」を参加型政策分析の実践とともに進めてきた。 政策過程参加者(政策決定者=市民)がどのような mental model をもって自らの action を決定しようとも、 personal computer を用いた modeling & simulation を体験することによって得られる mental model の改訂によって、全体としての政策決定が改善される可能性が拓かれる。その実現を社会的学習という。政策科学への SD の 潜在的貢献は、まず第一に、この点に求められる。

参加する市民が体験する modeling & simulation は開かれたものでなくてはならない。この要求は任意の参加者 が抱く任意の疑問に対して常に応答する用意を持つべきことを示唆している。参加型の modeling を重要な開発 課題としてきた SD の手法は、この要求に応えるという目的に特に適合的である。flow diagraming と equation writing がこの目的に適うかどうかは仮説の閾を越えないが、過去 50 年に亙る実践経験がこれを有望として蓄積してきた知識実体は特筆されて良い。

政策過程における知識は市民の日常言語を用いて伝達されなくてはならない。政策科学者は政策決定に関わる 諸々の trivia を解説して市民に理解させるための便宜上の工夫としてではなく、政策過程についての essential な知識を市民との諒解の上に形成しようとする意図において、この要求にしたがう。

この文脈において、これまで提案されてきた政策過程についての model を見直してみると⁴、相互諒解のための関係を築く上で、出発点となる何らかの共通基盤が欠けているように思われる。それは flow diagraming についての一般的規約ではなく、意志決定とは何かといった本質に関わる社会的に共有された mental model (常識・定石ともいう) である。

flow diagram は固り「意志決定とは何かといった本質に関わる社会的に共有された mental model」を図示しようとして描かれるものであるが、本稿で示されるものを含めて flow diagram に添付された解説の文書を読んでも、相互諒解のための関係を築く何らかの共通基盤は決して得られない。それはもちろん解説が未熟だからであるが、では、熟達した解説が求められているのだろうか。 否。解説抜きで図を読み取って理解することに習熟する機会が求められているのである。この習熟を達成する間違いのない誘導型の教範が欠けている。

その意味でこれまでに示された Lasswellian policy process の model は不備であると言わなければならない。 かかる不備を補い、誘導型の教範の一例(というよりはその粗筋書き)を示して、政策過程参加者と共有し得る政策過程の model を呈示することが本稿の目的である 5 。

以下では、SD modeling & simulation の手法を用いて3つの政策決定 model の基本類型が示され、それらを総合した意志決定 process model が提示される。次に、第4の基本類型として feedback process の archetype が導入され「意志決定 process を内に含む全体」としての社会 process model へと拡張される。これを Lasswell の教示にしたがい contextuality の mapping と呼べば、政策科学者の mental model を陽表化された formal model に変換する作業を通して、相互諒解の上に政策過程についての知識を形成する共通基盤へと市民を導く誘導型の教範が、政策決定 model の類型論の形式で展開できる。これをもって政策過程論の不備を補う政策決定 process model を示そう、という目論見が得られるのである。市民が社会的に学習すべきものは数学的解法ではなく、自らの mental model を自発的に改訂する志向である。そのための教範は、政策科学と SD の協働の産出として提示される。

3. 政策決定モデル類型論

Lasswell は、闡明された目的に対し将来の達成度と望ましい水準の間に予測される乖離を埋めるべく代替案を開発して選択する合理的問題解決の行動に対して、政策科学者が主要な関心を示す傾向を指摘し、問題志向性の文脈において基本的な政策決定 model の基本類型として示した。

-

⁴ 本誌 11 号の小林論文 [9] を参照のこと。

 $^{^5}$ この目的のために、本稿の style は通常の研究論文のそれとは趣を異にすると思われる箇所が散見されるが、意のあるところを汲んでご容赦賜りたい。

【政策決定基本類型I】

- 目標達成モデル
- 目的.K=目的.J+DT×達成.JK L
- 達成.KL=(望ましい水準.K-目的.K)/達成遅れ R
- 望ましい水準. K=政策変数 Α
- 達成遅れ=2 С
- 目的=0.1 N
- 政策変数=1

PLOT 目的,望ましい水準,達成

SPEC DT=0.05/LENGTH=10/PRTPER=1/PLTPER=0.5

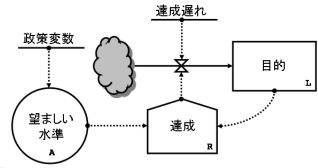
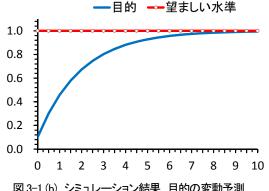
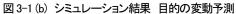


図 3-1(a) 目標達成モデル

政策決定において「目的が何であるか」は、それ自体、政策論争を含む。目的が明らかにされることによって、 それが何であれその望ましい達成水準を control することが可能となる。望ましい水準と現行水準との差を努力 の投入によって埋め、目的の値を望ましい水準へと調整するのである。このとき目的の水準は stock、単位時間内 に達成すべき目的の調整量は flow であるから、rate 方程式:達成.KL=(望ましい水準.K-目的.K)/達成遅れの右辺 は分母に時間変量を置いて、左辺と次元の一致を見るように計られている。ここに達成遅れ(達成期間)という 時間概念が導入される。





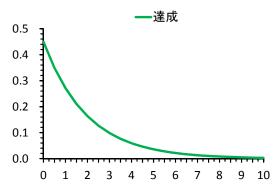


図 3-1(c) シミュレーション結果 達成の変動予測

目的を z に達成を q に DT を dt に置き換えれば、z の微分 dz = q dt ないし微分方程式 z' = q が得られる。 望ましい水準をrとすると達成の rate 方程式は達成遅れの逆数をuとして $q=u\times(r-z)$ と書けるから、目的の 微分方程式 $z'=u\times(r-z)\cdots$ (1) を得る。rが定数ならば z(t)=rは (1) の一つの特殊解となるから一般解 は同次の微分方程式 z'+uz=0……(2) の一般解と r との和になる。(2) は変数分離形だから(1/z)dz=-udt (但しz>0) とおいて両辺の積分をとってやればc を任意定数として $\log_{c}z = -ut + c$ を得る。積分定数をさら に $C=e^c$ とおけば、 (2) の一般解は $z(t)=Ce^{-ut}$ と書くことができる。よって (1) の一般解は $z(t)=r+Ce^{-ut}$ である。任意定数 C は初期条件より z(0)=0.1 であるから C=0.1-r と定まる。望ましい生産能力=政策変数=1 だから r=1, C=-0.9 となる。また達成遅れ=2 だから u=0.5。目的の graph は $z(t)=1-0.9e^{-0.5t}$ 一方 z'=q だから達成の graph は $q(t)=0.45e^{-0.5t}$ である。DT が十分に小さいとき simulation 結果はこれら 微分方程式の解によって近似される。この graph の形状から達成の現す変動を「指数遅れ」と呼ぶのである。

以上は最も簡単な微分方程式の解法演習に過ぎないが、市民と共有すべき政策決定 model の記述方法としては 不適切であることを例示するために敢えてここに記した。目標達成 model の dynamo 方程式と flow diagram を 読み熟すために、この微分方程式の解法に習熟することは全く不要であるばかりか、政策決定の基本類型として の目標達成 model をもって共通の出発点としようとする目論見を台無しにする可能性が大きい。習熟するための 誘導型の教範が欠けていると書いた前節で意図していたものは、微分方程式の解法の問題練習帳では決してない。 本稿は、それとは逆に、いくつかの類型的 model の解説に沿って dynamo 方程式と flow diagram の set を読み 進めることによって modeling に習熟することができるような一つの道筋を示そうとしているのである。

基本類型 I が示す「指数遅れ」は、政策決定の model としてよりも、個々には発生する timing が random で あるような確率事象が、多数寄り集まった場合に顕す全体変動の法則として扱われる社会的 macro 現象である。 目標達成行動が全体変動の法則にしたがうことは上に見た通りであるが、基本類型 I を指数遅れ model と呼んで 呈示しない理由は、ここで意図しているのは政策決定 model の類型化であって、社会現象のそれではないことを 強調したいからである。減価償却や残存率曲線のような stock の減衰を表す指数遅れ現象は、基本類型 I におけ る 望ましい水準=0 へ向けてなされる目標達成行動と見なして応用問題として取り扱うものとすれば足りる。

類型 I の達成遅れを変数として定義し直すと次の類型が得られる。

【政策決定基本類型Ⅱ】

- * ロジスティック・モデル
- L 目的.K=目的.J+DT×達成.JK
- R 達成.KL=(望ましい水準.K-目的.K)/達成遅れ.K
- A 望ましい水準.K=政策変数
- A 達成遅れ.K=標準達成期間×伸縮率.K
- A 伸縮率.K=1/達成率.K
- A 達成率.K=目的.K/標準達成水準
- N 目的=0.1
- C 政策変数=1
- C 標準達成期間=1
- C 標準達成水準=1

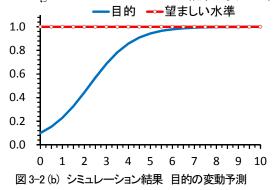
PLOT 目的,望ましい水準,達成

SPEC DT=0.05/LENGTH=10/PRTPER=1/PLTPER=0.5

達成遅れは目的の達成が進むと学習効果によって短縮され、逆に達成度が低い水準にあれば標準的な遅れの長さよりも長くなる。これを補助方程式 達成遅れ.K=標準達成期間×伸縮率.K で表す。

標準達成期間を時間の次元で測るものとすれば伸縮率は無次元の比率でなければならない。この伸縮率が目的の達成が進むにつれて学習効果によって小さくなるという関係を、伸縮率は達成率と反比例関係にある伸縮率.K=1/達成率.K として有理関数で表す。ここで達成率とは現状達成水準の標準的な達成水準に対する比率(無次元)である。すなわち達成率.K=目的.K/標準達成水準 である。(達成率,伸縮率)の反比例関係は図3-3のように描かれる。

以上の logistic model の simulation 結果は次のようになる



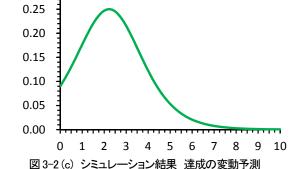
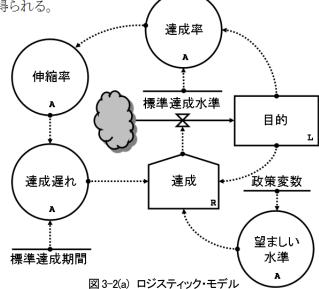
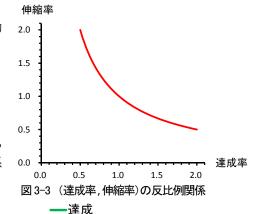


図3-2(b),(c)を各々図3-1(b),(c)と見較べてみると、顕著な違いが初期から最初の数年間に顕れていることが観察される。達成遅れは一貫して低下しているのに対し、達成は増加から減少へと転じる。これに伴い目的の変動は凸から凹への変曲点を経由し、急成長を経て飽和へと到るS字成長曲線を描く。これを慣習的に logistic 曲線と呼ぶ。logistic 曲線を描く目標達成とは、学習効果によって達成の蓄積に反比例して達成遅れが短くなるという想定の下に、目的の変動性を予測する model である。必ずしも単調でない変動性を現す最も簡単な modeling の素材と言うこともできる。また

達成遅れ、K=標準達成期間×伸縮率、<math>K=標準達成期間×1/達成率、K=標準達成期間×標準達成水準/目的、<math>Kだから 比例定数=標準達成期間×標準達成水準 として、達成遅れは目的と反比例の関係にあると言っても良い。前と同様にして目的 z の微分方程式を解く。比例定数を 1/a と書くと、u は達成遅れの逆数だから u=az 。したがって(1)は z'=a(r-z)z…… (1') に替わる。一般に(1')を logistic 曲線の微分方程式と言う。変数分離の形 $[1/\{z(r-z)\}]dz=adt$ に書き直すと、 $1/\{z(r-z)\}=\{1/z+1/(r-z)\}/r$ と部分分数に分解されるので、両辺を r 倍して積分することにより $\log z-\log (r-z)=art+C$ …… (3) を得る。初期値 z(0) を z_0 と書くと $\log z_0-\log (r-z_0)=C$ となって任意定数が定まる。(3)の両辺の指数をとると $z/(r-z)=\{z_0/(r-z_0)\}e^{-art}$ が得られる。 $z_0=0.1, r=1, a=1$ だから解は $z(t)=1/\{1+9e^{-t}\}$ である。また $q(t)=9/(e^t+9)^2$ である。





以上も類型 I の場合と同様、微分方程式の解法を習得しても logistic model を読み熟す手懸かりが得られない 例示になっている。類型Ⅱで重要なのは**達成率と伸縮率**との間に成立する、どちらも単位の取り方に依存しない 無次元の指標の間の関係としての、反比例関係であって、決して部分分数に分解できることではないのである。

目標達成に関し達成遅れの他に調整遅れを付け加えると次の類型になる。

【政策決定基本類型Ⅲ】

- 遅れ重層化モデル
- 目的.K=目的.J+DT×達成.JK L
- 計画.KL=(望ましい水準.K-目的.K)/調整遅れ R
- 未達成残.K=未達成残.J+DT×(計画.JK-達成.JK) L
- 達成.KL=未達成残.K/達成遅れ R
- 望ましい水準.K=政策変数 Α
- 目的=0 N
- 未達成残=0 N
- С 政策変数=1
- С 調整遅れ=0.5
- 達成遅れ=2 C

PLOT 目的,望ましい水準,達成,未達成残

SPEC DT=0.05/LENGTH=20/PRTPER=1/PLTPER=0.1

調整遅れは目標達成のための計画に関わる遅れである。

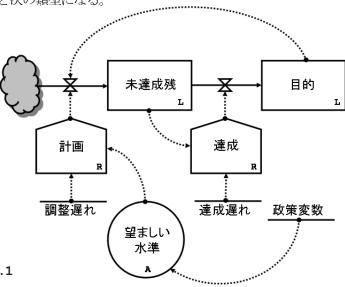
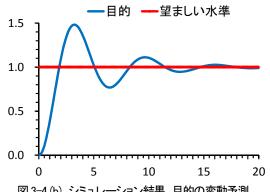
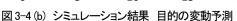


図 3-4(a) 遅れ重層化モデル

類型 I , II で即実効をもつとした目標達成の決定方程式: 達成.KL=(望ましい水準.K-目的.K)/達成遅れ は、 一旦 計画.KL=(望ましい水準.K-目的.K)/調整遅れ として未達成残に蓄えられ、計画の進捗に関わる遅れを経 た後に初めて 達成.KL=未達成残.K/達成遅れ となって目的の達成水準を改善する。





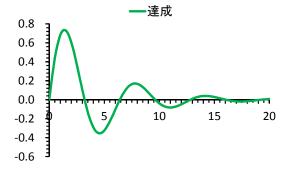


図 3-4(c) シミュレーション結果 達成の変動予測

類型Ⅲにおいて、目標の過剰達成に対する調整行動のもたらす結果を 予測として導くことができるようになった。望ましい水準を超えて過剰に 達成された目的は、下方調整のための計画にしたがって過剰状態を解消 するが、その達成もまた同様の遅れを経て実現するのである。2つの level 変数、目的と未達成残が互いに干渉しあいながら変動する model が得ら れ、ここに相互性が導入される。(目的,未達成残)を2次元の座標系に plot した相図は図3-5のように内側に巻き込んでゆく渦巻きになる。

TIME→∞で不動点 (1.0,0.0) に収束している様子が観察される。ここで 未達成残は負の値も取り得るのである。負の未達成残は目標を下方調整 するための stack を意味し、変動性をもたらす重要な役割を演じる。

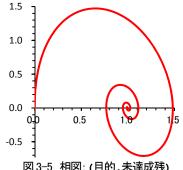


図 3-5 相図: (目的,未達成残)

目的を z,達成を q,未達成残を x,計画を p,望ましい水準を r とすると、目的の level 方程式は z'=q である。 未達成残の level 方程式は x' = p - q,達成の rate 方程式は達成遅れの逆数を w > 0 として q = wx, 計画の rate 方程式は調整遅れの逆数を u>0 として p=u(r-z) となる。望ましい水準 r を定数として 過剰達成 y=z-r を 定義すると y'=q, p=-uy となる。y' をもう一度 t で微分すると y''=q'=wx'=w(p-q)=w(-uy-y') と なり、同次の2階線型常微分方程式: y''+wy'+uwy=0 …… (4) が得られる。2次方程式 $s^2+ws+uw=0$ の 解は根の公式により $s=(-w\pm\sqrt{w^2-4uw})/2$ であるから、このときもし $w^2-4uw\ge0$ なら実根をとるが、仮定 により w>0, u>0 であるから $-w+\sqrt{w^2-4uw}$ <0 となり、根 s は常に負で、 $t\to\infty$ のとき $\exp(st)\to 0$ とな

る。もし w^2 – 4uw < 0 なら複素根 $a \pm bi$ をとることになるが、実数部 a = -w/2 < 0 より、同じく $t \to \infty$ のとき $\exp(at) \sin bt \to 0$, $\exp(at) \cos bt \to 0$ となり、初期値にも u, w の値にも依らず y(t) はいつでも 0 に収束することが解る。すなわち過剰達成 y(t) は必ず 0 に収束し、目的 z(t) = r + y(t) は望ましい水準 r に収束するのである。

 $\beta=w/u$ とすると、過剰達成の微分方程式の一般解は、 $\beta<4$ のとき $y(t)=C_1\exp(at)\sin bt+C_2\exp(at)\cos bt$ となる。 z(0)=0 だから y(0)=-r より $C_1=ar/b$, $C_2=-r$, a=-w/2, $a^2+b^2=uw$ である。 y=y(t) が初期値から出発して最初の極大値 $y(t^*)$ を迎えるのは $t^*=\pi/b$ のときであり、このとき $y(t^*)=r\times\exp(\pi\times(-\sqrt{\beta}/\sqrt{4-\beta}))$ となって、適正水準からの外れの最大値 $h^*=y(t^*)$ は β のみの関数となる。 h^* を β で微分すると

 $h^{\star'}(\beta) = -r \times \exp(\pi \times (-\sqrt{\beta}/\sqrt{4-\beta})) \times [2\pi/(\sqrt{\beta} \times \sqrt{4-\beta} \times (4-\beta))] < 0$

であるから、 \mathbf{h}^{\star} は $\boldsymbol{\beta}$ の減少関数である。すなわち、**達成遅れ**が長いほど、**調整遅れ**が短いほど、 \mathbf{h}^{\star} は大きくなる。過剰達成の幅は小さい方が望ましいことはいうまでもないから、調整期間は長くとって小幅な調整を計画すべきこと、計画ができたら達成期間は短くして早期の実現を図るべきこと、が同時に提言される。

目的の微分方程式 z''+wz'+uwz=uwr において、望ましい水準 r が一定率 $\rho>0$ で成長する $r(t)=r_0\exp(\rho t)$ の場合を考えよう。解が適正水準の周りを振動しながら収束するケースを扱っているので、ここでも $\beta<4$ とする。このとき $\rho^2+wp+uw\neq0$ であるから、 $f(t)=uwr_0\exp(\rho t)/(\rho^2+wp+uw)$ は目的の微分方程式の一つの特殊解となる。したがって、一般解は $z(t)=f(t)+C_1\exp(at)\sin bt+C_2\exp(at)\cos bt=f(t)+A\exp(at)\sin(bt+\theta)$ である。ただし a=-w/2, $a^2+b^2=uw$, $C_1=f(0)(a-\rho)/b$, $C_2=-f(0)$, $A=\sqrt{C_1^2+C_2^2}=2\sqrt{f(0)/(4-\beta)}$ である。ここで初期位相は $\theta=\pi-Arcsin(-b/\sqrt{\rho^2+wp+uw})$ である。目的の均衡解からの乖離 y(t)=z(t)-f(t) が、初期条件 $y(0)=-r_0$ から出発して最初の極大値を迎えるのは $t^*=\{\pi+Arcsin(\sqrt{4-\beta}/2)+Arcsin(-b/\sqrt{\rho^2+wp+uw})\}$ のときで、このとき $h^*=y(t^*)=\sqrt{uwr_0/(\rho^2+wp+uw)}\times\exp(at^*)$ となる。これは $\rho>0$ の減少関数である。すなわち、低成長下における調整の失敗は、高度成長下における場合よりもヨリ大きな乖離を惹き起すのである。

基本類型 I, II で見たように、微分方程式の解法に市民をして習熟せしめようとの要求は、政策決定 model のもつ伝達力と通用性を損なう可能性が大であったが、その demerit を差し引いたとしても、基本類型IIIによって明らかなように、微分方程式の解法から得られる fact finding は、それなしでは得られない model の全 implication の抽出において絶大な威力を発揮するのである。ただしそれなしで得られないのは "model の全 implication" であって、同様な fact finding を実践的に意味ある範囲で市民自らが獲得することはむしろ system dynamics の得意とするところであり、それ自体が政策過程の一部を構成する重要な factor となり得る。

【基本類型Ⅰ,Ⅱ,Ⅲの総合】

以上政策決定 model の3つの類型を順に見てきたのは、mental model の見直しを実現するためにこの道筋を通ることが、解説抜きで flow diagram と dynamo 方程式を読み取って model を理解することに習熟する最短経路であると考えるからである。この習熟を達成する間違いのない誘導型の教範が決定的に欠けている現状において、政策決定 model の基本類型を読み熟す $I \to II \to III$ の道筋が一つの総合化された model を理解する方法となり得る。このことを意志決定 process の modeling によって以下に示そう。

Lasswell の contextuality における用語法にしたがえば、社会とは、参加者間の相互作用によって、任意の価値の生産(value shaping) と配分(value sharing) がなされる process である。人は、各々の価値に特化した pattern としての特定の社会制度を編みだし、資源に働きかけ、窮極の事象たる価値を追求する。ここに価値とは、権力、富、愛、啓蒙、技能、尊敬、福利、清廉、等々を指す。これら諸価値の一、たとえば権力、をとってその生産と配分がなされる社会 process の model を考えよう。意志決定 process の部分を flow diagram と dynamo 方程式で表現すると、図 3-6 および以下の ①~⑤ のようになる:

- ① 価値は賦与によって増大するが一定の寿命を保ち剥奪によって失われる。
 - 基本類型 I: L 価値.K=価値.J+DT×(賦与.JK-剥奪.JK) , R 剥奪.KL=価値.K/寿命 ,
- ② 処方は価値を目標水準に合わせる計画として作成され日常的な活動を通して実施される。

基本類型皿: R 処方.KL=(目標水準-価値.K)/調整期間.K , R 実施.KL=活動.K/会計期間

- L 活動.K=活動.J+DT×(処方.JK-実施.JK) ,
- ③ 達成期間は賦与をもたらす活動に関わる遅れであるが成果に反比例して短縮される。

基本類型Ⅱ: R 賦与.KL=活動.K/達成期間.K , A 達成期間.K=比例定数/成果.K ,

④ 成果は実施の指数平均である。

基本類型 I: 成果.K=成果. $J+DT\times$ (実施.JK-成果.J)/平滑化定数 ,

⑤ 調整期間は処方を導く計画に関わる遅れであるが成果に反比例して短縮される。

基本類型Ⅱ: A 調整期間.K=比例定数/成果.K .

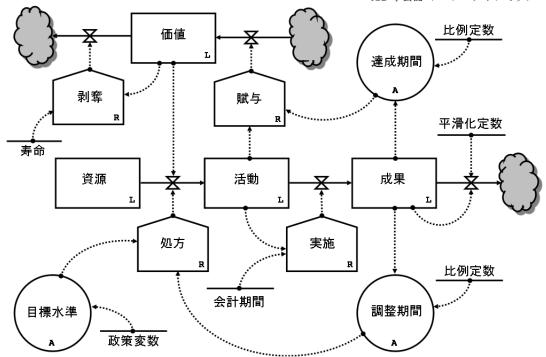


図3-6 意志決定プロセスのフロウダイアグラム

ここで④を基本類型 I に対応させていることには説明を要しよう。基本類型 I が指数遅れを導くことの意味はすでに述べた。逆に、指数遅れは望ましい水準=0~と向けて目的を調整する目標達成行動として扱うという趣旨も指摘してある。したがって指数平滑法の式 成果、K=成果、 $J+DT\times$ (実施、JK-成果、J)/平滑化定数 が指数遅れを表すことを示せば十分であろう。 [実施、JK-成果、J] の減法が成り立つためには成果の次元は rate 変数 実施と同一でなければならない。 (DT/平滑化定数) は時間を時間で除した商だから無次元になることに留意すれば、指数平滑法の式はこの条件を満たしている。したがって成果は flow の次元をもつ。flow は須く rate 変数として表さなければならないと言う fundamentalist ならば 成果、KL=成果、 $JK+DT\times$ (実施、JK-成果、JK)/平滑化定数と書くはずである。両辺に平滑化定数を乗じると、右辺は 平滑化定数×成果、 $JK+DT\times$ (実施、JK-成果、JK) 左辺は 平滑化定数×成果、KL となる。変量 [平滑化定数×成果] に総成果という名称を与えると、総成果は時間と flowの積だから stock の次元をとり、正しく level 方程式 総成果、K=総成果、KL=総成果、KL=2版、KL=4に、

以下⑥~⑩の作業手続きを踏めば直ちに simulation 結果を手にすることができる。

- ⑥ **目標水準**は政策変数として外生的に与える。
 - A 目標水準.K=政策変数 , C 政策変数=21 ,
- ⑦ parameter の値を適当に定める。
 - C 寿命=5 , C 比例定数=1 , C 平滑化定数=1 , C 会計期間=1 ,
- ⑧ 3つの level 変数に初期値を与える。
 - N 価値=16 , N 成果=活動 , N 活動=2
- ⑨ 出力変数の並びを与える。

PLOT 価値,成果,活動

⑩ spec を適当に定める。

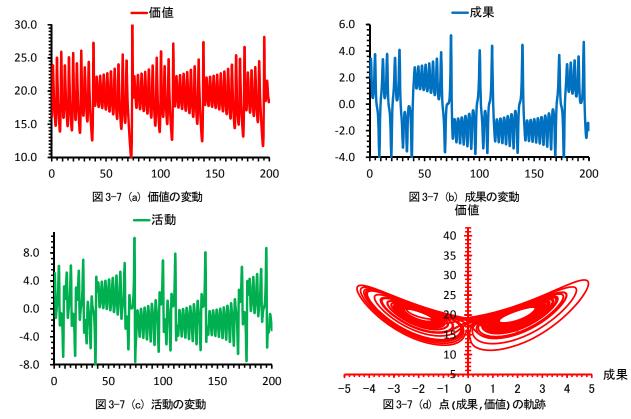
SPEC DT=0.05/LENGTH=200/PRTPER=1/PLTPER=0.1

flow diagram に描かれていても、何れの方程式の右辺にも全く登場しない変数には式を与える必要はない。たとえば資源がそれに当たる。分析が進むにつれて資源制約が重要な変数となることは大いにあり得、そういった員数外の変数にも supplement として方程式を与えておくことが推奨される。

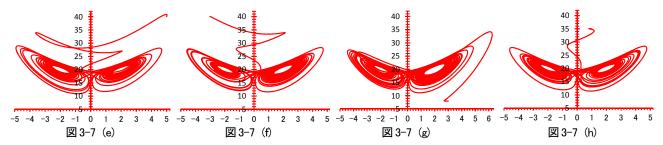
- ① supplement に式を与える。
 - L 資源.K=資源.J+DT×(調達.JK-処方.JK) , N 資源=10 ,
 - R 調達.KL=(目標水準-価値.K)/調整期間 ,

これにより、 simulation 結果から、必要な資源調達額の予測が得られることになる。

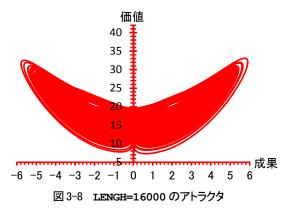
ともあれ、① \sim ⑩ によって、任意の与えられた価値目標水準に対して、資源を計画的に投下して目標を達成する活動の program を実施し、成果の蓄積から目的とする価値賦与を実現する意志決定 process の model が基本類型 I, II, IIIの総合の上に築かれた。 simulation 結果は次のものである。



与えられた parameter (政策変数,寿命,平滑化定数) の値 (21,5,1) に対して level (価値,成果,活動) は 各々上に見られるような chaotic な予測不能変動を示し、(成果,価値) の相図は図3-7(d) のような masquerade を 思わせる奇妙な図形になる。この図形外部の任意の点を初期値として与えると、各々独自の経路をたどって同図 に惹きつけられる様相を呈するので、この奇妙な図形は一種の attractor であることが判る。



さらに長い **LENGTH** を与えて simulation re-run を繰り返すと、 level の軌道は無限時間でこの attractor 全体の図形を描き上げ、attractor の表面は、稠密に、点(成果,価値)のたどる軌道で覆い尽くされる、と予想される。



もちろん、これは computer simulation re-run の結果であるから、LENGTH $\rightarrow \infty$ の場合を厳密に確かめることはできない。

図3-8 は、上の条件の下で LENGTH=16000 とした場合の 実験結果である。軌道が attractor の表面を稠密に覆い尽くすという予想は、向こう 16,000 年間に亙る軌跡を追跡してみても臆断の域を出ないことが分かる。ただし、この予想がもっともらしいという臆断が得られるのである。今や memory は好きなだけ追加できるから、16,000 年などと吝嗇なことを言わないで盛大に実験してみても良い。もっともらしさがさらに実感される。結果は LENGTH だけではなく DT の取り方にも依存する。このことを実感する方がさらに重要であろう。

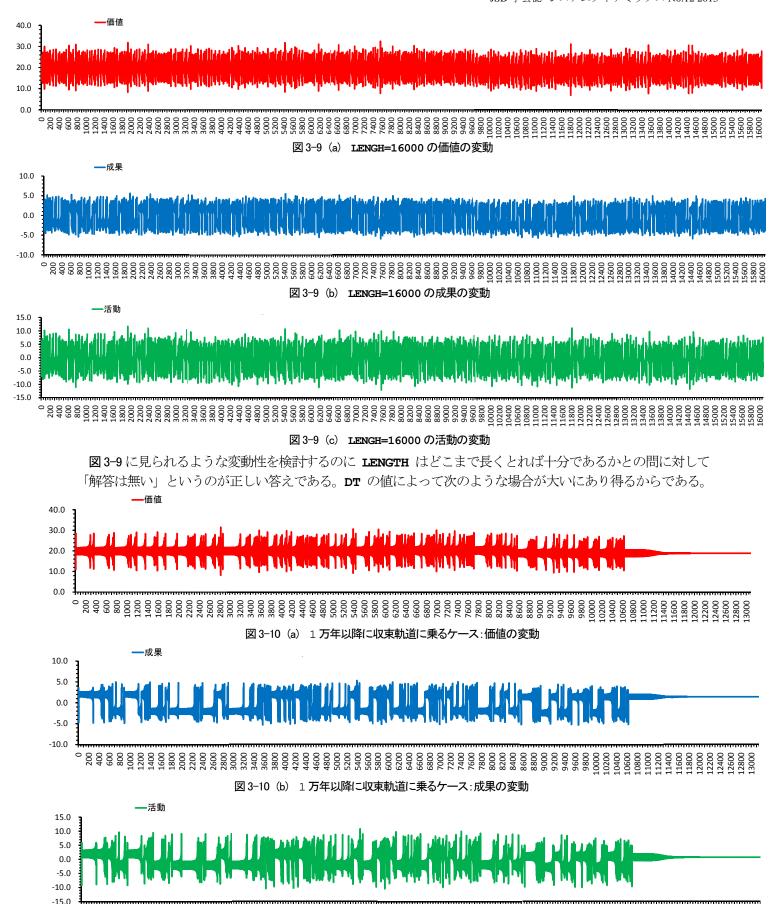


図 3-10 (c) 1 万年以降に収束軌道に乗るケース:活動の変動

なんと 11.000 年も経過した後に、(価値,成果,活動) は不動点 (20,2,2) へと向かう収束軌道に乗るのである。

抑も LENGTH=10000 と置いたのを向1万年の simulation spec と読み下すのは、単位時間を1年と定めたことからくる合理的な解釈である。この定めは modeler に対する規制であって compiler の知ったところではない。ここで modeler (人) が随意に DT=0.05 と置いたとき compiler (機械) にとっての TIME=10000 は1万年後の或る時点ではなく、任意の run において start から全変数の値の更新計算を繰り返して 200,001 回目ということであり、SPEC DT=0.05/LENGTH=10000 と SPEC DT=0.00005/LENGTH=10 とを何ら区別しない。1万年と 10年の時間視野の違いは人にとって大問題であるが、この場合、機械にとっての大問題はたとえば 200,000 回という繰り返し回数が 65,536 行 (Excel の扱える最大行数) の 3 倍を超えることであって、それは人の知ったところではない の 3-9 は DT=0.05 による計算結果であるが、図 3-10 ではこれを少し短くして DT=0.04582477 とした。機械的に言うなら、これを 1万1,000 年後から収束軌道に入ると読むのは人の恣意的な解釈であり、240,045 回の計算を繰り返してそこに到ったと読むべきであろう。DT を小さくとれば、それは 1 年後かも知れない。

価値を x, 活動を y, 成果を z, 目標水準を R, 寿命を T, 平滑化定数を H とすれば、基本類型 I, II, III を 総合した dynamo 方程式 model は $dx = \{y/(1/z) - x/T\}dt$, $dy = \{(R-x)/(1/z) - y/1\}dt$, dz = (y-z)/H と 書き直される。b = 1/T, $\sigma = 1/H$ とおくと、微分方程式 model: x' = yz - bx, y' = (R-x)z - y, $z' = \sigma(y-z)$ を 得る。これは Lorenz 方程式と同一である 7 。 parameter $(R, b, \sigma) = (28, 8/3, 10)$ とすると、点 [x(t), y(t), z(t)] の軌跡は正しく Lorenz Attractor を描き出す。すなわち (政策変数, 寿命, 平滑化定数) = (28, 0.375, 0.1) においては、 DT をいくら小さくしても、点 (価値, 成果, 活動) は strange attractor 上を無限に巡回し続けるのである。

ただし、Lorenz 方程式の近似として上で見た SD model を使用する場合には、DT=0.05 では値が大きすぎる8。 この点に注意すれば、政策科学の展開に必要な意志決定 process の modeling & simulation と chaos dynamics との正統な関係性が諒解されるだろう。

【負のロジスティック曲線】

意志決定 process を理論的に解明するために modeling & simulation を活用することが望まれている。だとするならば、基本類型 I 、II 、III を総合した SD model の simulation 結果は、市民が理解できる言語を用いて解釈されなければならない。各々が mental model を保持して参加する市民の相互作用の連なりによって政策が決定される社会的 process において、市民は自ら持参した mental model を改訂することによって、すなわち学習を通して、政策決定を改善すると期待される。そこで各自の mental model の改訂のために modeling & simulation を役立てようと SD は提案したのである。受け容れた市民自らが formal model の活用を自覚的に mental model の改訂へと結びつける process は、それ自体、解明すべき政策過程そのものである。この自己参照性を政策科学も SD schoolも共有している。両領域の全ての知識が市民の言語によって伝達されねばならぬとする所以である。

図3-7~3-10の simulation 結果は初期値に対する鋭敏依存性をもつので、最初の200年の変動の mode は一定ではないが、活動と成果が各々負値をとって正領域におけるのと同じような変動性を示している様が観察される。活動が負の値をとり価値の下方調整のための stack を蓄積することは類型皿で指摘したとおりである。処方された負の stack も会計期間を通じて日常的に実施される。負の実施によってそれまでに蓄えられた成果は減じられ、その分達成期間が延びることになるが、徐に価値の水準を低下させてゆき、やがては過剰下方調整を惹き起こす。これと timing を同じくして過剰達成をもたらしていた悪しき成果の蓄えが尽きると、価値は一気に rebound して、過剰下方調整から過剰達成への転移現象を生じる。この転移の理由は、成果が負になることにより達成期間が他象限にある双曲線のもう一方に飛び移るからである。このとき達成期間の値は一時的に負になる、云々。というのでは、市民の言語による解釈になっていない。

日常的に扱われる負数というのは操作上の概念であって常にその解釈と一体となって用いられる。 負数と負数の積が正数になることについて、日常語では、解釈の余地がある。 実はこの case が正にそれに当たるのである。

_

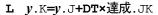
⁶ 表計算で図 3-9~3-10 の graph を描かせるのは至難の業であると言っても過言ではないので、このような presentation を望む人に とってはもちろん大問題である。

⁷ 気象学者 Lorenz 自身による original 論文はLorenz(1963)[6] pp.130-141 を参照のこと。

⁸ **DT** は system 内に存在する最小の遅れの半分よりも小さくとることという **SD** modeling & simulation のための通常の instruction が ここで役に立つ。

負数×負数=正数の一つの意味の解釈を基本類型Ⅱの simulation 結果を用いて以下のように示すことができる。

図3-11 (a) は基本類型 II logistic model において目的の初期値が 0.1 の場合と 1.9 の場合の simulation 結果を同じ座標軸の上に描いたものである。縦軸の scale が望ましい水準と目的との相対的な位置関係を表しているに過ぎないとするならば、この2本の曲線は直線:目的=望ましい水準を軸として線対称になると都合が良さそうに見えるが、そうなってはいない。初期における目的の望ましい水準との差が同じ 0.9 である曲線が、望ましい水準を軸として対称となるようにするためには、目的=2.0 を原点に補正した新変数 y を導入すると良い。次のように基本類型 II の方程式を変更する。

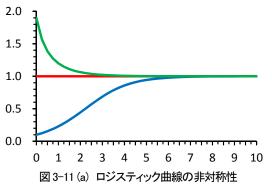


- **N** *y*=目的-2.0
- R 達成.KL=(望ましい水準.K-ABS(v.K))/達成遅れ.K
- A 達成率.K=y.K/標準達成水準
- **A** 目的.K=v.K+2.0
- A 望ましい水準.K=政策変数
- A 達成遅れ.K=標準達成期間×伸縮率.K
- A 伸縮率.K=1/達成率.K
- N 目的=1.9
- C 政策変数=1
- C 標準達成期間=1
- C 標準達成水準=1

PLOT 目的,望ましい水準,達成,v

SPEC DT=0.05/LENGTH=10/PRTPER=1/PLTPER=0.25

ここで **ABS()** は絶対値をとる関数である。すなわち logistic の微分方程式: y' = (1 - y)y を y' = (1 - |y|)y に 変更したのである。y > 0 なら補正しないで y が元の目的 と同じ曲線を描く。y < 0 のとき y は図 3-11 (b) のような 負の logistic 曲線を描き、補正を元に戻すと図 3-11 (c) のような上下対称の logistic 曲線が得られる。ここで全ての parameter および初期値 目的=1.9 には何ら変更が加えられていないことに注意したい。



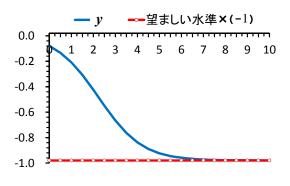
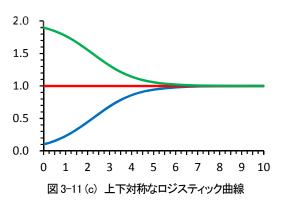


図 3-11 (b) 負のロジスティック曲線



式: {望ましい水準.K-ABS (y.K) } /達成遅れ.K というのは、y<0 ならば (望ましい水準.K+y.K) /達成遅れ.K であるから、(-望ましい水準.K-y.K) /{ (-1) ×達成遅れ.K}。このとき 達成遅れ<0 で、 $\{(-1)$ ×達成遅れ $\}$ の長さの平均遅れ(>0)で 望ましい水準×(-1) へ向けて水準を調整していることになる。これが負の logistic 曲線の意味である。望ましい水準 から 望ましい水準×(-1) への調整方向の転移は 達成率.K=y.K/標準達成水準<0 によってもたらされる。

基本類型Ⅱはこれによって変更された訳ではない。元の方程式のままでは 0**<目的<望ましい水準** の範囲でしか解釈が与えられていなかった。これを拡張して図3-11(c) のように両側から同じ mode で接近する軌跡をたどる方程式を呈示したのである。これにより、目的は上から望ましい水準に近づく場合も変曲点をもった逆S字 curve を描くことになり、一貫性のある解釈が可能となる。

3 類型を総合した意志決定 process model の変数賦与は、成果の蓄積が尽きた時点で活動が正ならば負へ、負ならば正へと転移する。この現象は、正しく、この意志決定 process では価値を目標水準へ向けて調整するための活動のみによって直截賦与をもたらすことはできず、時間を通じての成果の蓄積と取り崩しによって同じ活動が突如剥奪をもたらすものに転じる可能性があることを示唆している。このとき見かけ上は達成期間が負になるが、それは負の logistic 曲線を導いた基本類型 II の 達成率<0 がもたらす調整方向の転移と同じく、それ自身が負の値をとるのではなく、数学的には同値だが、正の達成期間に方向の切り換えを意味する (-1) が乗ぜられた結果と解釈されるのである。この切り換えが成果の蓄積が尽きる timing で生じるものとしている。

【政策決定基本類型IV】

政策過程についての model とは「意志決定 process を内に含む全体」として捉えられる社会的 process である。 その全体関連性の故に、基本類型 I , II , III では一貫して外生的 input として取り扱われてきた**政策変数**を内生化することが必要である。 意志決定の科学は、

目的、目標水準、望ましい水準等は「与えられるもの」として simulation を組み立ててきた長い伝統をもつが、政策科学および system dynamics が研究の中心に据えるのは実は目的そのものの検討なのである。それが何であれ望ましい水準を内生変数として取り扱うことにより、目的が正当に検討される機会が得られる。このことを modelを closed にする、あるいは、feedback を導入するという。Forrester [3] 以来50年に亙る system dynamics の解明は、この取扱のための良い model を提供している。

第4の基本類型として基本類型皿を下敷きとして望ましい水準を内生化した model を類型的に取り上げる。feedback process の例としては、経営 system の方がヨリ鮮明に構造化されているので、以下これを用いることにする。図3-12 の flow diagram は、

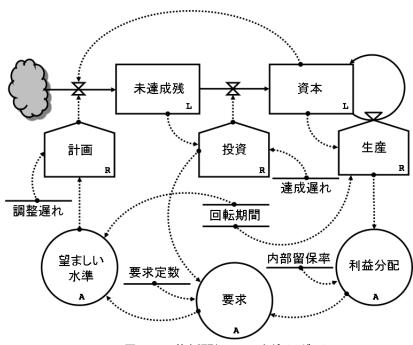
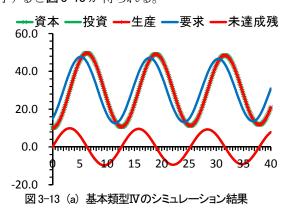


図 3-12 基本類型Ⅳのフロウダイアグラム

類型Ⅲの目的を資本に、達成を投資に置き換えたものである。Lasswell の言う諸価値の生産と配分の process を考えたとき、富は権力と並ぶ主要価値の一であり、富の生産と配分に最も適した pattern こそ、資本の増殖を目的として日々これを回転する株式会社制度に他ならないからである。

資本の回転率(回/年)の逆数は、資本が一回転するのにかかる時間である。これを回転期間と呼ぶことにすると、生産の rate 方程式は R 生産、KL=資本、K/回転期間 ということになる。この rate が決定する流れは、資本を何回転させても資本 stock の水準は下がらないことから、流出した分だけ還ってくるという意味を込めて circle で描かれている。L 資本、K=資本、J+DT×(投資、JK-生産、JK+生産、JK) を L 資本、K=資本、J+DT×投資、JKと書く。生産された付加価値(売上-原価) は利益として、一部は内部留保され、他は資源の提供者(株主と従業員)に分配され消費される。利益分配を確保するために寄せられる株主と従業員による要求が資本の望ましい水準を決める。すなわち A 利益分配、K=(1-内部留保率)×生産、JK , A 望ましい水準、K=要求、K×回転期間 となる。要求を満たすために必要な投資は、それをどのように調達するかに拘らず、生産の増大によって賄わなければならないので、その分も要求に付け加えられる。 A 要求、K=利益分配、K+投資、JK+要求定数 。ここで要求定数は system 維持のために最低限必要な固定的福利厚生を含む。その他は基本類型皿を全てそのまま踏襲する。R 計画、KL=(望ましい水準、K-資本、K)/調整遅れ , L 未達成残、K=未達成残、J+DT×(計画、JK-投資、JK) , R 投資、JK=未達成残、K/達成遅れ である。定数の値を 達成遅れ=1,調整遅れ=1,回転期間=1,内部留保率=0.25,要求定数=7.5 、初期値を 資本=10,未達成残=0 とする。SPEC DT=0.01/LENGTH=40 と定めて、simulation を実行すると図3-13 が得られる。



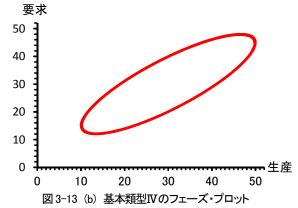


図3-13 (a) は5変数を出力させているのに対し graph が3本しか見えないが、これは、生産と資本は回転期間 が1年であるため同一の曲線に重なっており、投資と未達成残は達成遅れが1年であるためこれも重なっている からである。変動曲線は収束も発散もせず、正弦曲線を描いて無限に振動を繰り返すように見える。

ここで例によって z: 資本, x: 未達成残, u: 1/調整遅れ, w: 1/達成遅れ, r: 望ましい水準 を踏襲すると、微分方程式: z''+wz'+uwz=uwr が得られる。v: 回転期間, s: 内部留保率, I: 投資, Y: 生産, G: 要求定数 とすれば $r=v\times\{(1-s)Y+I+G\}$, Y=z/v, I=z'=wx であるから、 $z''+w(1-uv)z'+uwsz=uwvG\cdots\cdots$ (5)を得る。ただし u, v, w>0, 0<s<1 である。z(t)=vG/s は (5)の一つの特殊解であるから、同次の微分方程式: $y''+w(1-uv)y'+uwsy=0\cdots\cdots$ (6)の一般解を y(t)として、(5)の一般解は z(t)=vG/s+y(t)となる。上の例では達成遅れも調整遅れも 1 年、回転期間も 1 年であるため、1-uv=0となり、(6)式の 1 次の項が消えて図 3-13 のような正弦波が得られたのである。

u=w=1 のとき、微分方程式 (6) は y''+(1-v)y'+sy=0 に換わる。特性方程式の判別式: $D=(1-v)^2-4s$ より $1-2\sqrt{s}$ < $v<1+2\sqrt{s}$ のとき D<0 となって解は振動する。一般解: $y(t)=C_1e^{at}\sin bt+C_2e^{at}\cos bt$ において a=-(1-v)/2, $a^2+b^2=s$ であるから、parameter 空間では v>1 の範囲で解は振動しながら $\pm\infty$ に発散し、v<1 の範囲で振動しながら定常水準に収束する、すなわち、 $y\to0$, $z\to vG/s$ となる。

この基本類型の意義は feedback を導入することの意味を学習することによって、mental model の改訂に具体的な方向性を与えたことである。ここでは基本類型 I ~IIIで一貫して与えられるものと想定されていた望ましい水準に対し、内生変数としての方程式を与えることによって closed な feedback 体系を導くという modeling の作法を例示した。それは単なる modeling 技術上のことではなく、mental attitude において、決して目的を所与としないという、政策科学にとって重要な基本方針を象徴として学習する良い機会を提供するものである。

【政策過程モデル】

政策決定の基本類型 I , II , III を総合して既に得られている意志決定 process の model に基本類型II を合体させたものが、図 3-14 の政策過程についてのフロウダイアグラムによって表される社会 process の model である。

① ダイナモ方程式

② フロウダイアグラム

L 成果.K=成果.J+DT×(実施.JK-成果.J)/平滑化定数

L 価値.K=価値.J+DT×(賦与.JK-剥奪,JK) 要:
R 剥奪.KL=価値.K/寿命

R 処方.KL=(目標水準-価値.K)/調整期間

R 実施.KL=活動.K/会計期間

L 活動.K=活動.J+DT×(処方.JK-実施,JK)

A 要求.K=利益分配.K+総投資.K+要求定数

R 賦与.KL=活動.K/達成期間

A 達成期間.K=比例定数/成果.K

A 調整期間.K=比例定数/成果.K

A 目標水準.K=要求.K×戦略定数

A 利益分配.K=結果.JK×分配率

R 結果.KL=価値.K/戦略定数

A 総投資.K=賦与.JK+剥奪.JK

C 寿命=16

C 比例定数=1

C 平滑化定数=1

C 会計期間=1

C 戦略定数=0.1

C 要求定数=25

c 分配率=0.9275

N 価値=23

N 成果=活動

N 活動=1.25

PLOT 価値,成果,活動

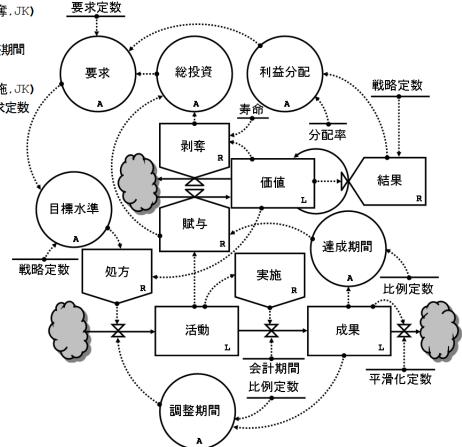


図 3-14 政策過程についてのフロウダイアグラム

SPEC DT=0.05/LENGTH=800/PRTPER=1/PLTPER=0.1

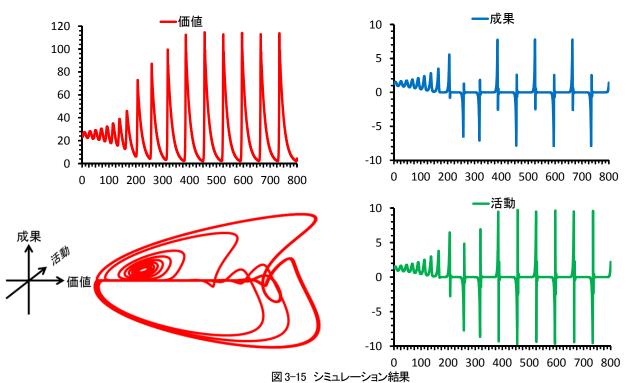
③ コンヴァージョン

望ましい水準を目標水準と読み換えれば、意志決定 process model における処方は、目標を達成するために価値と目標水準との乖離を埋めるべく活動に投入する資源の使用量を決めるものであるから、基本類型IVの計画と同一の概念である。資本を価値と読み換えれば、価値を回転させて生産される結果がもたらす merit は、基本類型IVの利益分配と同一の効果を発揮する。利益分配を求める政策決定者=市民の結果に対する要求と、失われた価値の剥奪分の補填と新たな価値の賦与からなる総投資と、それらの固定的部分を表す要求定数とを総て合計したものが、基本類型IVの要求と同一の概念を意志決定 process につけ加える。

政策科学の特徴の一は、同じ事柄を別の名辞で指示したり、外延の異なる集合に同じ内包を与えたりすること が日常的であるような、政策 process の参加者(政策決定者=市民)と言語を共用するという宿命を負っている ことである。重要なのは、個々の概念のもつ意味内容の言語的な解釈ではなく、それらを全体との関連において 理解すること、そのために前提されている暗黙の諒解を model として呈示することであると観念している。断り なしに随時随意になされる変数名の変更は、他の学問分野とは異なるそうした特徴を受け容れること、そのこと がもたらす研究上の merit を享受すること、なによりもその慣習に慣れることを学習する機会を提供している。 変数名に拘らないとは言っても、同一の model の中では、同じ変数は同じ変数名で呼ばれなくてはならない。 この要求を dynamo は「二重定義変数」「未定義変数」の検出と除外処理という厳格な rule をもって貫徹する。 この役目を compiler が引き受けるのであるから、system dynamist は自由に、説明の便宜を最大限優先させて modeling に勤しむことができる。政策科学研究においてなによりも重要なこの merit はもっと強調されて良い。 本稿で取り上げている基本類型の研究が更に進めば、変数名の異同を説明するだけで、model についての解説 が一切不要になる時期がいつか来るであろう。その時期において mental model の社会的陽表化が政策過程におけ る日常となる。そのことが諸価値の生産 value shaping と配分 value sharing を決定する現実の政策過程を変える。 その意味で、本稿で取り扱っている政策過程についての modeling & simulation は多重に自己参照的である。人は この無限 loop から解脱する必要はない。多重 loop の feedback process が現実の政策過程なのであり、政策研究 によってその現実を改善するための代替案を開発し続ける無限 loop が、政策科学の本来の姿なのである。

仮令偉大な天才科学者が作った model であっても、それは一個の mental model の formal な一表現であるに 過ぎない。 modeling & simulation は、誰であれ、自らの mental model を改訂するための唯一の方法である。本稿 で取り上げている類型論がそのための助けとなれば幸甚である。偉大な科学者にとって類型論は不要であろうが、 modeling & simulation は必携の道具である。 道具は磨いておくに越したことはない。

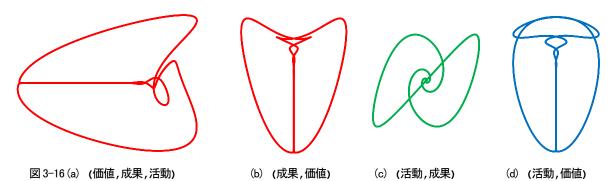
④ シミュレーション結果



parameter (寿命,比例定数,平滑化定数,会計期間,戦略定数,要求定数,分配率)=(16,1,1,1,0.1,25,0.9275)に対して初期値(価値,成果,活動)=(23,1.25,1.25)を与えた simulation の結果は、図 3-15 に見られるとおりである。

最初の200年ほどの間は振幅が拡大して±∞に発散するのではないかと思われる変動性を示すが、200年を越える辺りから周期性が発現する様相が観察される。いろいろな初期値を与えて re-run を繰り返すと、長い LENGTH の下では周期解の存在が予想されるようになる。このことは、座標(価値(t),成果(t),活動(t))をつないだ3次元の相図 phase plot を描かせることによってヨリー層鮮明になる。

3次元の相図は、比較的小さな LENGTH では、与えられた初期値によってさまざまな軌跡を描くが、simulation 期間を長くとると、TIME \geq 600 では一の閉曲線に沿って周回する。それは図 3-16 (a) のような図形を描く。

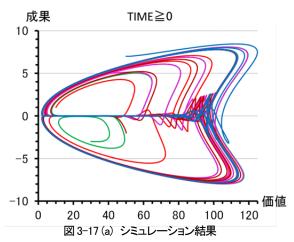


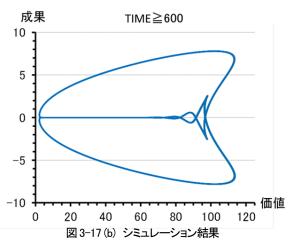
この立体を各々2次元平面に投影すると図3-16の (b),(c),(d) のような図形になる。各々に名前をつければ、(b)の(成果,価値)はカドゥケウス、(c)の(活動,成果)は太極、(d)の(活動,価値)はクラゲ、といったところであろうか。この閉曲線は limit cycle になっていて、任意の初期値から出発しても長い LENGTH をとってやれば、すずて同じ関連的になった。またストースを表しています。

べて同じ閉曲線上を永遠に周回することになる。この結果は simulation によるものであるから、もちろん、永遠に周回するかどうかは不明であるし、任意の初期値といってもその定義域は分からない。しかし personal computer で好きなだけ長い LENGTH の re-run を試みることは可能であるし、いくつか random に与えた初期値に対して同一の周回軌道が得られれば、少なくとも試した初期値集合に対しては limit cycle の存在が確かめられる。

(価値,成果,活動)の TIME=0 における値の組{ (10,1,1), (30,-3,-3), (40,5,5), (50,-2,-2), (50,7,7)} を初期値として与えて re-run した結果を(価値,成果)座標系に描いてみると、図3-17(a) のように多様な図形が得られる。同じ結果の $600 \le TIME \le 1000$ の範囲だけを描かせると、図3-17(b) を得る。少なくとも 5 通りの異なる初期値に対して長い simulation 期間を採とってやれば、同一の Caduceus が得られることがこれによって確

かめられる。





limit cycle は、収束するというのと同様、attractor が存在することを意味している。目的を所与として営まれる意志決定 process が、それを含む全体との関連性を考慮して目標の設定を内生化すれば、そのことによって同一の軌道上を周回するという意味の常軌性が獲得される。以上の結果は、このことを示す例証となっており、秩序を形成する構造的要因についての実証的知識が、この model の simulation 実験から得られる可能性を示唆している。公共的・市民的秩序の決定過程についての知識を主たる内容とする政策科学にとって、重要な研究の theme と方法とをSDに依頼することの意義が、これによって諒解されるのである。SD school の専らとしてきた multiple loop feedback system の解明が政策科学研究に裨益する根拠は、正しく、この点に求められる。さらに一歩を進めて、政策科学とSD の協働がもたらすであろう政策過程論の実証理論的展開が期待される。

4. 結語

政策科学の取り扱う知識は政策過程において役立てられることを意図している。したがって普通の市民が日常において用いる言語によって、その研究がなされなくてはならない。なぜなら、科学知識が技術化することによって専門家のみが知識を独占する傾向がますます強まってゆく世の中において、知識に基礎を置いた政策決定の改善がますます強く求められるようになってきており、政策過程における知識を取り扱う政策科学は、政策過程に参加する市民とともに政策代替案の開発に携わるよう要請されているからである。代替案開発のために採用される手法としての modeling & simulation は、専門家だろうと素人だろうと、当人の mental model を用いて実施される。 modeling & simulation を採用して得られる最大の merit は実施者当人の mental model が改訂されることである。「mental model が改訂されて何か良いことがあるのか」一「ある」。それは当人が最も良く解る筈のもの。要するに少しだけ立派な人間になるのである。集団による参加型 modeling & simulation は集団で共有されている mental model が改訂され、この merit を当の集団が享受する。市民が参加する政策過程における政策決定の改善は当の政策過程を少しだけ立派にすることによって達成されるのである。ここに「少しだけ」と限定する意味は、決して僅かの努力投入で大きな改善が期待できると宣伝しようというのではない。むしろその逆で、大きな努力を投入しても僅かの改善しか期待できない政策過程の現実を踏まえて、少しでも政策決定を改善できたら立派なものだという気持ちで、「少しだけ立派にしようじゃないか」と提案しているのである。それは、自己を啓蒙する市民の参加によって、社会的に共有されている mental model の改訂によって、初めてもたらされるものである。

参加型政策研究の実践は 1990 年代に始められたばかりである。SD の主流が personal computer の graphic 画面を駆使したものへと社会現象的移行を果たしたのと同時代のできごとである。それは 18 世紀以来の市民的自由の伝統を 21 世紀に継承する思想が産み出した新しい symbol = 「modeling の自由」 = を巧まずしてかかげた運動の発露である。ここに提案する手法: 「mental model の陽表化 \rightarrow modeling & simulation \rightarrow mental model の改訂」は脱実証主義的 post-positivist な方向性をこの運動に与えると同時に、通常科学 positivist science の提供する技術的知識をその process において総合する教導性を付け加える。かかる手法の優位性を本稿において証明したとはとても言えないが、その実現可能性を例示するための譬噺として一箇の system dynamics model \geq simulation 結果を提供した。広く受け容れられるものと期待している。

政策科学は民主主義を標榜する限り、参加型政策研究の実践問題を避けて通ることができない。そこに生じる政治 vs.科学の葛藤を positivist の thesis で乗り越えることは不可能である。だからといって政治に従属した地位に後退し consultant に徹する途を選ぶなら政策科学は要らない。operations research と quantitative analysis があれば十分である。集合としての市民を取り込み政治との調和を図るのならば、system dynamics を自らの手法として「mental model の陽表化 \rightarrow modeling & simulation \rightarrow mental model の改訂」を実践する科学研究の主体へと自ら脱皮することが有望な代替案になるだろう。

参加型であろうとなかろうと、市民が modeling & simulation に携わるためには学習が必要である。この学習を助ける instruction として、微分方程式の解法を教えるのは悪いことではないが、第一に目指すべき方向とは違っている。本稿では類型化論の筋道を立てて、この instruction に対する代替案を示した。類型化論の筋道それ自体を改訂する研究の積み重ねを通して、いつの日にか、政策決定の改善に貢献できる縁になればと秘かに希うものである。

* 本稿の改訂を促された匿名の査読者諸兄に謝意を表する。

参考文献

- [1] Brewer, G.D. and deLeon, P. (1983) The Foundations of Policy Analysis. Dorsey Press.
- [2] Dror, Y. (1971) Design for Policy Sciences. Elsevier.
- [3] Forrester, J.W. (1961) Industrial Dynamics. MIT Press.
- [4] Lasswell, H.D. (1971) A Preview of Policy Sciences. Elsevier.
- [5] Lindblom, C. and Cohen, D. K. (1979) Usable Knowledge: Social Science and Social Problem Solving Yale Univ. Press,
- [6].Lorenz, E.N. (1963) "Deterministic non-periodic flows" Journal of the Atmospheric Sciences. 20.
- $\label{eq:continuity} \begin{tabular}{l} [7] Sterman, J.D. (2000) \textit{Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World.} \end{tabular} \begin{tabular}{l} In win McGraw-Hill. \end{tabular}$
- [8] 小林秀徳 (2002)『政策研究の動学的展開』白桃書房.
- [9] ―― (2012)「比較政策過程論のためのフォーマルモデルについて」『システムダイナミックス』 11 号.