数理解析研究所講究録
678巻 1989年 68-84

非明示的システムとしての生物、その形式化

神戸大・理　郡司　幸夫（Yukio Gunji）

1．序に変えてー生物における目的因

生物が如何に記述されるかという問題は、生物を自然言語の枠内でどう捉えるかといった素朴な定義の問題に依拠する。従って観察者の態度により、機械ですら、そう呼ぶことになれ親しみさえすれば、生物と呼ぶことは可能であろう。しかし私にとっての生物とは、当面、機械とは一線を画するものであり、つまりは既存の言語によって、明確に規定できない対象として、位置づけられる。定義に対する慣れの問題は、歴史が答えてくれるものであろうから、ここでは規定し得ないことの規定という言い方にこだわって考えていくことにする。

我々は、普段何をもって生物を感得するのであろうか?　例えば、あるものの動きについて観察しているとき、それが動きに対する記述以外の挙動を示し、記述不可能を感じさせる場合、そこに生物を観るとは言えないだろうか。無論ここで言う記述とは、揺らぎといった統計的記述までをも含んでいる。つまり、それを記述すると、すぐさま記述し得なかった挙動が観察され、その新たなる挙動を記すと、更に別の挙動が観察されるといった具合いに、観察と記述との’無限’（実無限ではない）のループが現出する状況を生物と呼べるのではあるまいか。その状況においては、因果律を記述するといった意味での言語は意味を持ち得ないのであろうか? 少なくとも、単一の因果律の基で予測不可能性を言うことは困難をともないそうである。では、因果律とは一般にどう記述され、その時予測不可能性をどう処すべきか、そこから論じてみよう。すると焦点となるのは、第一に目的因の記述と言語の関係であり、第二には状況の記述の意味ということのなってくる。

因果律が記述できるとは、Rosen(1981)によればニュートンのパラダイム

において対象がシステムとして記述できることに他ならない。そこではアリストテレスの4つの原因の内3つまでが、各々初期条件、関数系（境界条件）、およびパラメータと対応づけられる（この3者によって規定されるものがシステムである）が、目的因はその拉致外にある。上述の文脈にそくして言うならば、目的因とは、観察者にとって因果関係を定めることはできないものの対象にとっては確かに未来が決定されている状況と言え、ここにおいて、観察者は不断の予測不可能性を感得するのである。以上より、生物は目的因の記述により語りうるが、それはニュートンのパラダイムで扱い得ないといえる。

　では目的因は如何にして語りうるか? 第一に、ニュートン的意味でのシステムに限定しても、そのシステムを観察者がどういった目的で記述しようとしているのかという設問を目的因に置き換えることが可能ではないかといった提案がなされている（例えば、Marr,1982）。しかしさきに述べた目的因とは、記述される対象より、階層的下位に位置するものではなく、むしろ、観察者と対象は共にあり（計算機理論では、観察者が対象に先行する）、階層性は要請されない。換言すると、Marrは、目的因を観察者側だけのものにすり替えている。つまり予測不可能性を持つ生物といった文脈での目的因とこれとは異なる。

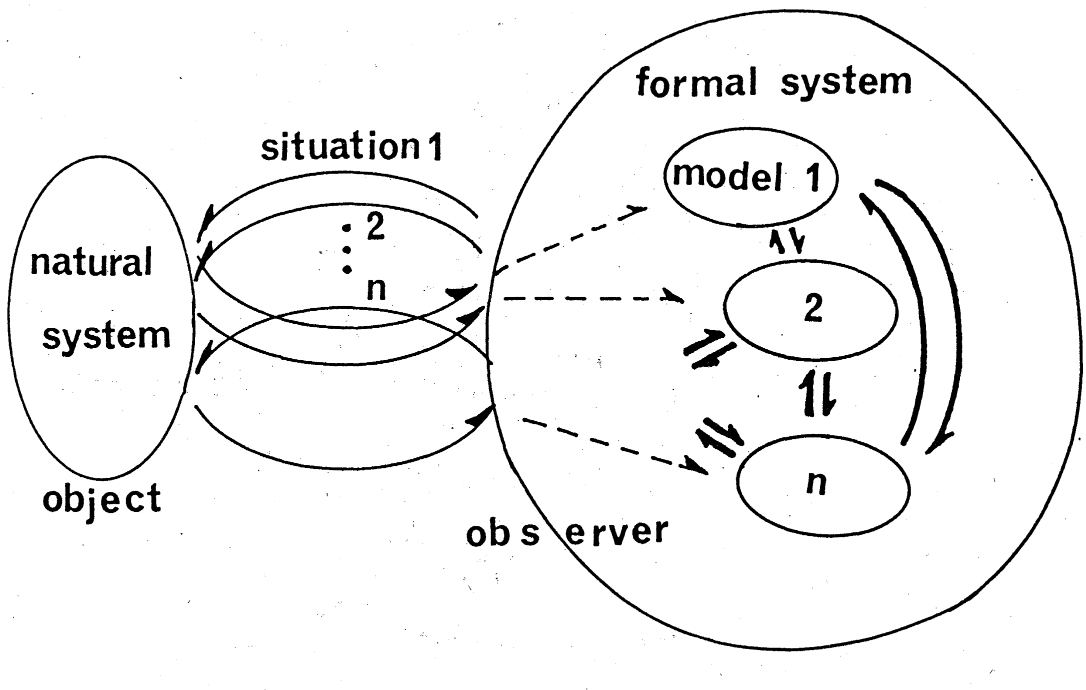


図 1. Rosen(1981)の意図する目的因。太線が準同型写像を示す。

第二に、Rosen(1981)の掲げるような内部予測システムに目的因を負わせることが考えられる。ここでは不断の予測不可能性が、とりあえず有限個のそれに近似される。故に、対象は有限個の異なるモデルシステムの集まりと捉えられる（つまり観察者が選んだ状況に応じたモデルが有限個ある）。但し、この集まりは、集合論的意味のそれではなく、モデル間が、準同型写像で結ばれた構造を成している。従って対象それ自体（Rosenのいうnatural system)は、モデル群の成す構造の入った空間全体(formal system)として記述される（図１）。かかるformal systemにおいては、個々のモデルよりもむしろ準同型写像が本質的な役割を果たす。なんとなれば、ここでsystemはいくつかの subsystemによって構成されているとみなすことができ、subsystem間の相互作用に、個々のsubsystemだけを観ていたのでは理解できないsystem全体の予測不可能性を負わせることが可能だからである。このようにして、formal systemに記述された対象は、現在ないが未来においてくるかも知れぬ状況に対応したsubsystemによって、未来を直接取り込まない形で、内部予測することが可能となる。これが、Rosenのいう目的因である。

この第二の立場のように、有限個の状況を用意することで、対象（生物）は語り尽くせるのだろうか? 否、むしろ生物の予測不可能性とは、状況の数すなわちモデルの数が無限個ではないにせよ、数え上げられない点にみいだせる。

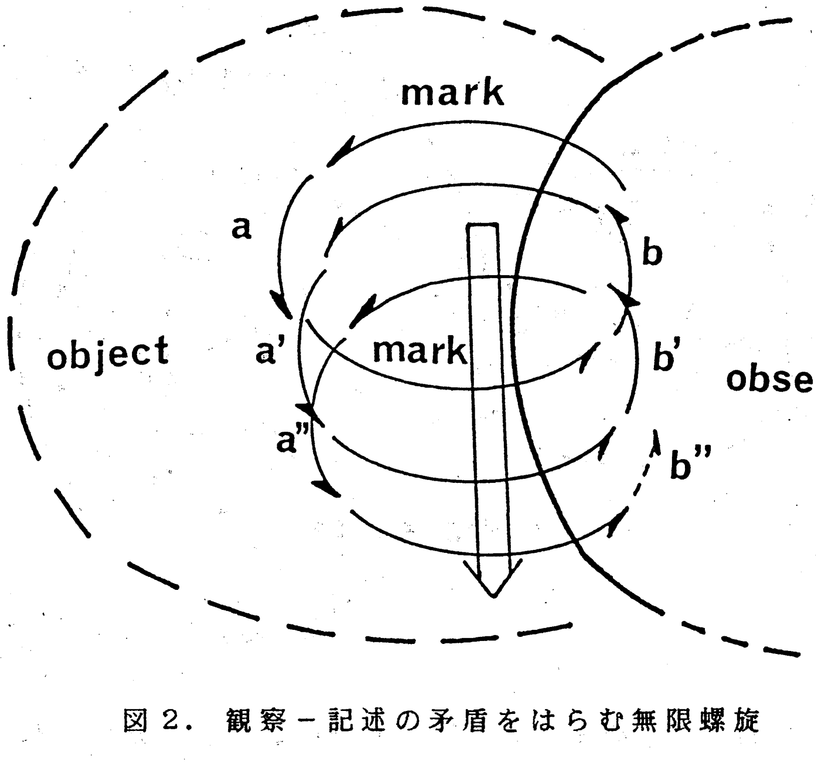


図２．観察－記述の矛盾をはらむ無限螺旋

先に、観察－記述の’無限’ループの現出＝生物たる状況と規定したが、このループは状況付与－観察－モデル記述というRosenの意味でのnatural system とformal systemとの関係にほかならないから、’無限個’のsubsystemが必要になってしまう。これを打開するために、ループをバラバラにして個々の観察－記述の円環を個々のモデルにするのでなく、つながったループすなわち螺旋としての対象－観察者状況を、直接的に言語化しようというのが、第三の立場であり、私の主張である（図２）。

ここにきて初めて、最初に掲げた二つの焦点、目的因の記述と言語、状況の記述が結び付く。Rosenの立場について言うと、各々のモデルにおいては各々の因果律が成立している。それは、別言すると、各々の形式言語において、各々の等号に関する公理が用意されていることを意味する。各言語は、公理に矛盾する文を含まないといった意味で言語足り得ている。従って、矛盾を排除する限りにおいて、Rosenの方法は最善の策といえる。一方、そういったいくつかの言語が矛盾を介して接続し、無限螺旋を運動し続ける状況の言語化を考えてみよう。そこでは、矛盾が絶えず創り続けられ、それを補正せんが為、絶えず公理が付け加えられる。この状況とは、我々が対象を観察し、記述し続ける状況そのものであるから、一見それ自体を言語化するのは不可能であり、それは事後的にしか語り得ない感がある。しかしその印象は、定義を与えられた言語内部で、それを積極的に破壊するのが一般に禁止されていることへの慣れ故に過ぎない。言語内部破壊つまり変化とは、外部によってもたらされる必要はない。それは、自己参照から生ずる自己矛盾によって、言語内部から発生しうるのである。つまり無限螺旋としての状況を語る言語とは、自己矛盾とそれにともなう公理付加間の関係の形式化によって実現されよう。

Spencer-Brown(1969)が考案した代数（ブラウン代数）は、自己参照を積極的に利用し、それによって意味を新たに創出し続ける、増殖し続ける言語を暗示するものである。Varela (1979)は、これを値において（つまりセマンティカルに）拡張、整備し、生物がコントロールされたシステムではなく、自己創出的であることを強調する。そこでは、二値論理に対して矛盾する特定の公理を付加して拡張された特定の言語についてのみ語られているのであり、自己矛盾全体に対して見渡されたものではない。つまり自己矛盾と公理付加の関係を一般化し、公

理の増殖を記述する言語を見つけ出す問題が依然として残されていると思われる。以上により、生物が如何に記述されるかといった問題の与え方は、むしろ、生物は如何なる言語によって記述されうるのかという設問に置き換えられるべきであるといえよう。

本稿ではこのような目的に向けて、ブラウン代数の意義を説き、我々が対象を実体論的に扱い得ないということは、自己参照的観察－記述の’無限’螺旋に起因するものであり、かかる状況の形式自体が対象と見なされることを述べる。その上で、一つの公理を付加するだけでランダムネスを形式化する言語がブラウン代数において特別の形式を持つことを、セル・オートマトンの議論と対比しながら述べよう。

2．非明示性の形式化

ブラウン代数は、区別する／しないを値とも、作用とも観ることによって次のような言語を構築する。

文字：a，b，c，..　、　　値：　（アンマーク）、$\urcorner$（マーク）

term:文字、値はtermである。

関係規則：$\urcorner$、（並置については記号無し）

formula:termを関係規則でつないだものはformulaである。formulaを関係規則でつないだものもformulaである。以上によって創られたものだけが、formulaである。

関係規則に関する公理：$\urcorner\,\urcorner = \urcorner$

$\overline{\urcorner}| =$

等号の公理：　$\longrightarrow a = a$

$a = b \longrightarrow b = a$

$a = b,\ b = c \longrightarrow a = c$

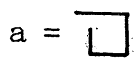
このような言語に対し、$\urcorner$をm，　をnと記していくことでモデルが創れる（Spencer-Brown，1969)。したがってsemanticsを定義できる。この言語が完全である

ことも証明されている。

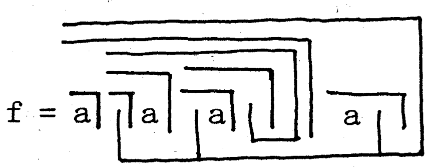
さて、ブラウン代数の意義は、再参入の導入によって発揮される。先の言語において、

$$a = \overline{a|} \qquad (1-1)$$

は，公理より許されていない（つまり矛盾を含んでいる）。これを積極的に利用していこうというのが彼の主張なのである。マークは、論理記号の否定に相当している。したがって、$\overline{a|}$は自己の外部を主張していることになり、外部世界を取り込む行為者とみることができる。また、自己をマークするとは、自分自身を定義する（＝認知する）ことに他ならず、自己創出の単純な形式とみることもできる。Varela(1979)は、ここに、controlled sytemではない、autopoietic systemとしての生物の定義を観ている。（1-1）式は、同じ文字を折り返すといった意味で、



と書ける。すなわち、我々は、再参入形式だけで、（1-1）のようなトリビアルでない（aの値を変調できる）式を次のように書ける。



これが、次式に等価であることを注意しておこう。

$$p = \overline{\overline{\overline{f\,a|}\ p\ \overline{\overline{f|}\ a|}|}|}$$

$$f = \overline{\overline{\overline{a|}\ \overline{p|}\ \overline{a\,f|}\ \overline{p\,f|}|}|} \qquad (1-2)$$

さて再参入が許容される言語とは、どの様な意味があるのだろうか? まず次のような説明が可能であろう。それは、非明示的記述の形式化である。正確にいうなら、（1-1）は、対自的規定を示すものではないのだ。かかる形式自体は、観察者によりaの先見的知識（二値論理における値）の否定という形でしか意味をもちえない。否定される自己とは、自分以外の何者かでありかつ、自分以外を指し示すための参照原点である。以上のことから、それは、観察者の記述に対する不正確さ、明示的に定義されたもの以外を意図するものといえる。そこではaでないということが、aを語ることによってしか示し得ないことが、重要である。つまり、aの外部と言明することは、aの外部と共にその内部をも含意しているのである（外部が内部と共にある）。故に逆の言い方も可能であって、内部（定義された明示的な者）を指し示すと共に、その外部をも指し示す、つまり内部に対する懐疑を向けていることの形式化だとも言える。

　　　こうして我々は、非明示的記述言語としてブラウン代数を位置づけることができる。つまり、システムにとっての反応系が、有限個で記述不可能であり、明示的に記せる反応以外を含意する記述が可能となる。ここで（1-1）の形式ですら本来の意味で対自的規定足り得ないといった点に考察を向け、非明示的記述が、観察者－対象両者によってもたらされるということ、観察という状況を、記述する論理を整備しよう。図2のnatural system がRosenのいうそれと違っている点は、筆者のいうそれが、観察者によって形式化されたものだという点だ。故に、natural systemにおいてaと記述されたものが、a＝aで表示されるという、観察者のoperationそのものが図2で示されうる。つまりnatural systemのaが観察者に認知されるとき、2つのシステムの境界を越えるという意味でマークされる。それは、観察者のoperationb（例えば、任意の文字の併置，観察者の知識の形式化と考えよう）を受ける。更に、観察者側からnatural systemへ境界を越えて写される（マークされる）。さてこのようなoperationから等式を構築しよう。natural systemにおいて自分自身を併置するoperationを＊と定義しよう。すると、

$$*(xy)=xyxy=xy,\quad y(*(x))=yxx=xy \tag{1-3}$$

$*(\overline{x}\rceil)=\overline{x}\rceil\ \overline{x}\rceil=\overline{x}\rceil$, $\overline{(*(x))}\rceil=\overline{x\,x}\rceil=\overline{x}\rceil$

ゆえに、＊は恒等射である。すると図３、すなわち

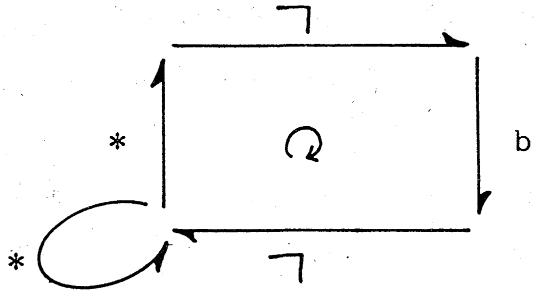


図３．対象－観察者システムの可換性

$$a=\overline{\overline{a\,a}\rceil\ b}\rceil=\overline{\overline{a}\rceil\ b}\rceil \qquad (1\text{-}4)$$

という可換性を定義することが、ａの形式を対象－観察者システムにおいて定義したことといえる（ｂの記述が積極的意味を持たないならａ＝ａであることに注意）。同一のモデルにおいては、この図式を無限回回っても可換である。これを拡張するために、図式を二回回ってｂ，ｂ’が各々作用する場合を考える。しかし二回回っても、同一のモデルを与えるべく（１－４）が成り立つように、

$$b'=\overline{a\,b}\rceil \qquad (1\text{-}5)$$

を定義する。この時、

$$a=\overline{\overline{\overline{\overline{a}\rceil\ b}\rceil\ \overline{\overline{a}\rceil\ b}\rceil}\rceil\ b'}\rceil=\overline{\overline{a}\rceil\ b\,b'}\rceil=\overline{\overline{\overline{a}\rceil\ b}\rceil\ \overline{\overline{a}\rceil\ b}\rceil}\rceil=\overline{\overline{a}\rceil\ b}\rceil$$

この定義の基に、恒等射＊の矛盾として、次のような形式を定義する場合を考える。

$$a=\overline{\overline{\overline{\overline{a}\rceil\ b}\rceil\ a'}\rceil\ b'}\rceil \qquad (1\text{-}6)$$

（１－５）より、，

$$a = \overline{\overline{\overline{a}|\; b}|\;\; \overline{\overline{\overline{a'}|}|\;\overline{a\; b}|}|}| = \overline{\overline{a}|\; b}|\; \overline{\overline{a'}|\;\overline{a\; b}|}| = \overline{\overline{a}|\; b}|\; \overline{\overline{a'}|\;\overline{b}|}| \qquad (1-7)$$

（１－７）は、ｂの値によって、形式が変化する。のみならず、ｂの形式いかんによって、変調器関数になっている。こうして、我々は、異なるモデルを螺旋状に回転する状況を形式化しうる。

ところで（１－７）は、ａ’，ｂの与え方によって、二値論値では矛盾した形式である。最も簡単な矛盾形式（１－１）を考えよう。これを解消するには、operationを再定義するか、値を拡張するかである。ａ（ｔ＋１）＝ａ（ｔ）として、値の拡張の意味で時間を導入できる（Spencer-Brown,1969)。この意義はきわめて大きい。なぜなら、この時間は、離散的な時刻がまずあって、それがつながることを意味するものではないからだ。更にいうと、現在（ｔ）と未来（ｔ＋１）という対応なのではなく、この形式自体は、非明示的な現在そのものを意味するのである。つまり、非明示的現在が、時刻という点なのではなく、過去（ｔ）と未来（ｔ＋１）に積極的につながらんとする、もしくは過去と未来を含意した形で記述されるのである。これは、木村（１９８２）のいう間としての時間、”時－間”の概念を示したものといいうるであろう。

次節では、ブラウン代数の認知論的形式を用いて、ランダムネスを理解し得ないもの、定義しうるものの外部という形で論じてみる。

３．ランダム系列の生成

ブラウン代数において、ランダムネスとはどの様に形式化されるのであろうか?　それは、全く理解できないということの形式化であり、形式化された内部への否定を指し示すものである。それは、形式外部すべてを含意するのであろうか?　解る/解らないの関係は、内/外部関係であるから解らないということは、認識空間全域（外部）を無限遠まで覆っているのであろうか?　実はそうではない。理解できないということは、原理的に、理解できることの否定という形でしか示しえないのであるから、理解できることを形式化したときに初めて、あたかも”逃げ水”のように現出するのであり、そのように形式化されるがゆえ、

外部の有限の領域にとどまるのである。つまり、形式化する主体が、自ら理解できる全てを認知する（＝否定する）という形で記述される。理解できる全ては、ここでいう理解が、形式化の可能性をいっていることから、もちろん記述できる。

理解可能性は、主体に、し意的に委ねられているから、一次元空間における最隣接格子を理解する場合について考えよう。空間上のi番目のセルをa_iで示すと、かかる形式は、

$$a_i = \overline{\overline{a_i}\;A}\;\overline{a_i B}\;C \qquad (3-1)$$

で表され（但しA，B，Cは、a_{i-1}とa_{i+1}の関数）、

$$a_i = \overline{\overline{a_i}\;\overline{\overline{A\overline{B}\;C}}}\;\overline{a_i\overline{\overline{\overline{A}\;BC}}}\;\overline{AB}\;C \qquad (3-2)$$

より、（３－１）式のA，B，Cとは、a_iを保存する、反転する、（認知に関わらず）肯定する行為であり、これらに対し、最隣接者の認知形式が各々与えられることになる。a_iの行為は、認知に関わらず、自らを否定する行為を入れて全てであり、これは（３－２）式に暗示されるため、これをDとしておこう。一方、最隣接者の認知形式は、次の４形式しかない。

$$a_{i-1}a_{i+1},\quad a_{i-1}\overline{a_{i+1}},\quad \overline{a_{i-1}}a_{i+1},\quad \overline{a_{i-1}}\,\overline{a_{i+1}} \qquad (3-3)$$

従ってA－Dと（３－３）の各々を一対一に対応させることで、この場合の全てに対する認知形式を記述できる。これら$_4P_4$個の全てに対する認知形式者をランダム系列（＝その生成形式）候補として、考える。（３－１）式の等号を常に成立させるように、等号の両辺で時間をずらしてやる。これによって、し意的に（３－１）式で与えられた二値論理における矛盾は変数記号を変える（時間を導入する）といった新たな公理で解消され、特定の（３－１）と時間の導入に二値論理の公理を加えた公理を持つ言語を、各々創ることになる。ところで、こうして得られた形式は、elementary finite cellular automataとみることができ、２４個の形式は次のように wolfram(1983)のRule numberで表せる。

表１．（３-１）のＡ－Ｄと（３-３）の全ての対応と その形式を示すRule number (R)。 但し （３-３）の各々は、00, 01, 10, 11で示す。

A	B	C	R	A	B	C	R	A	B	C	R
00	01	10	86	01	10	00	29	10	11	00	101
-	-	11	166	-	-	11	184	-	-	01	106
-	10	01	30	-	11	00	45	11	00	01	139
-	-	11	180	-	-	10	120	-	-	10	209
-	11	01	46	10	00	01	75	-	01	00	135
-	-	10	116	-	-	11	125	-	-	10	210
01	00	10	89	-	01	00	71	-	10	00	149
-	-	11	169	-	-	11	226	-	-	01	154

これらについて、有限システムサイズで初期状態をランダムに与え、時間発展させて得られるパターンは、見かけ上図４のように５つのタイプに分類される。さてこれら２４の形式が、全てランダムネス生成形式といえるのであろうか? 先のランダムネス生成の規定に従うなら、それは、時間発展と共に、常に全ての内部形式について公平な立場で見渡していなければならない。つまり、かかる形式のiteration （ｎ回）に対して（ここで言うiterationは、一般のそれとは異なり、a_iが近接者のiterationを傍観する形をとる）、Ａ－Ｄは、

$$f(a_{i-n}, a_{i-n+1}, ..., a_{i-1}, a_{i+1}, ..., a_{i+n}) \quad (3-4)$$

で表され、各々、$2^{2n}/4$個のterm（各termは２ｎ個の変数から成る）で構成される並列形式として記述されなければならない。任意回数のiterationでこれが成り立つとき、a_iの”全ての認知”が保証されることになる（両側ｎ個ずつの隣接者配列全ての可能性が、Ａ－Ｄに同数のtermづつ分配される）。一般にｎ－変数ブラウン代数表現（x_1, . . x_n）は、x_iに関して（３-１）でＡ－Ｃを並列形式にして記述でき、それは一意に定まるので(Gunji*)、先の２４個の式に対し、

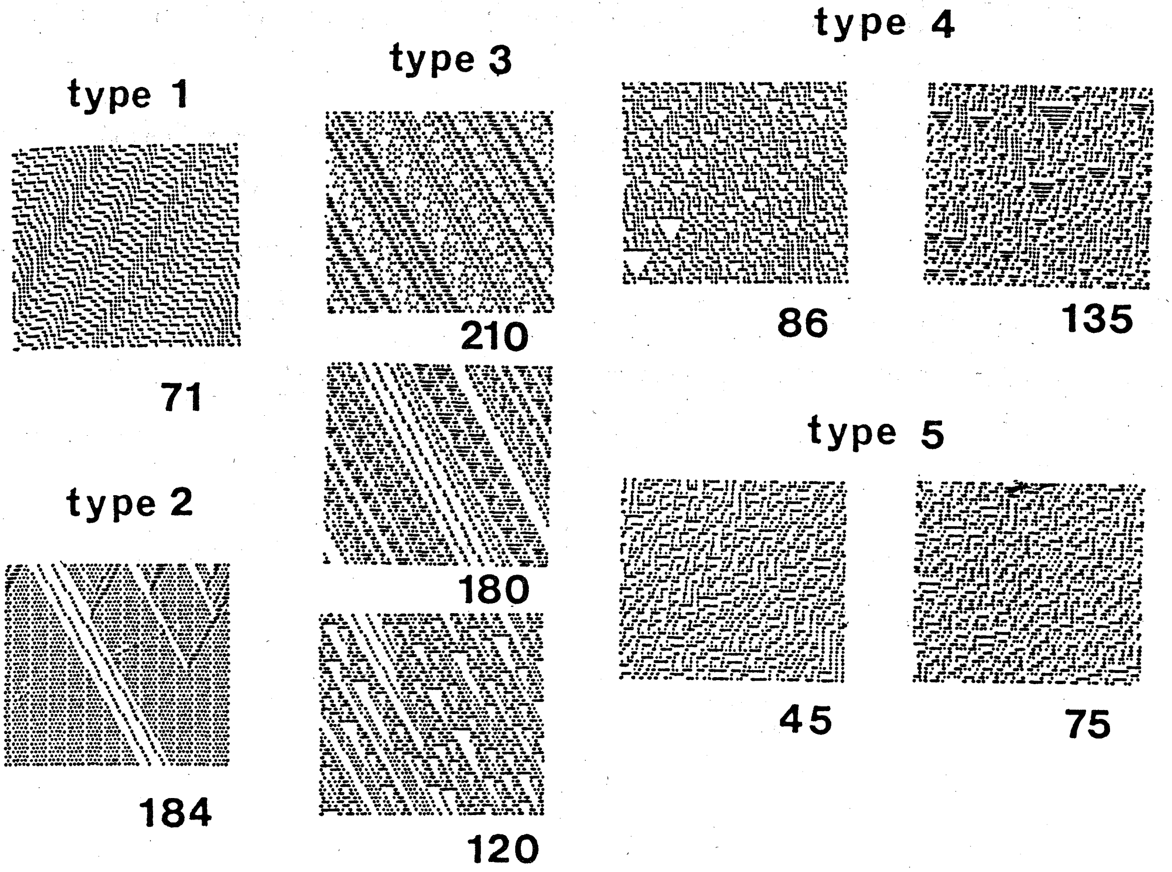


図４.　最隣接者の全ての場合を認知する形式によって時間発展するパターンの分類.

”全ての認知”を保証する形式を捜すことにする。これが２４個について一般には成り立たないことは、次のRule209の例からも明かである。

$$a^n(R209) = \overline{\overline{a}\;A^n}\;\overline{a\,B^n}\;C^n \quad （n\text{はiterration回数}）$$

$$A^1 = \overline{a_{i-1}}\,\overline{a_{i+1}},\quad B^1 = a_{i-1}\,a_{i+1},\quad C^1 = \overline{a_{i-1}}\,a_{i+1},$$

$$A^2 = \overline{\overline{\overline{a_{i-2}}\,\overline{a_{i-1}}\,a_{i+1}\,a_{i+2}}}$$

$$B^2 = \overline{\begin{matrix} \overline{a_{i-2}\,a_{i-1}\,a_{i+1}\,\overline{a_{i+2}}} & \overline{a_{i-2}\,a_{i-1}\,\overline{a_{i+1}}\,a_{i+2}} & \overline{a_{i-2}\,a_{i-1}\,\overline{a_{i+1}}\,\overline{a_{i+2}}} \\ \overline{a_{i-2}\,\overline{a_{i-1}}\,a_{i+1}\,\overline{a_{i+2}}} & \overline{a_{i-2}\,\overline{a_{i-1}}\,\overline{a_{i+1}}\,a_{i+2}} & \overline{a_{i-2}\,\overline{a_{i-1}}\,\overline{a_{i+1}}\,\overline{a_{i+2}}} \\ \overline{\overline{a_{i-2}}\,a_{i-1}\,a_{i+1}\,\overline{a_{i+2}}} & \overline{\overline{a_{i-2}}\,a_{i-1}\,\overline{a_{i+1}}\,a_{i+2}} & \overline{\overline{a_{i-2}}\,a_{i-1}\,\overline{a_{i+1}}\,\overline{a_{i+2}}} \end{matrix}}$$

$$C^2=\overline{a_{i-2}}\rceil\overline{a_{i-1}}\rceil\overline{a_{i+1}}\,\overline{a_{i+2}}\rceil\rceil\ \overline{a_{i-2}}\rceil\overline{a_{i-1}}\rceil\overline{a_{i+1}}\rceil\overline{a_{i+2}}\rceil\rceil\ \overline{a_{i-2}}\rceil\overline{a_{i-1}}\rceil\overline{a_{i+1}}\,\overline{a_{i+2}}\rceil\rceil$$

このように、隣接者認知の全ての配列に対して、行為に偏重が生ずる場合、パターンが形成される（図４）。一方Rule30は、任意のｎに対し”全ての認知”の均等配分を保証される(Gunji*)。A^n, B^n, C^nは，２ｎ＋１個の変数から成る配列（a_{i-n}, ．．．, a_i, ．．．, a_{i+n}）に対して、a_iの保存、反転および肯定であることに注意しておく。するとある配列がA^nを構成するとは、

$$A^n=\overline{\bigcup_j \overline{A_j{}^n}\rceil}\rceil$$

$$A_j{}^n=d_{j,i-n}(a_{j,i-n})\cdot\cdot d_{j,i-1}(a_{j,i-1})\,d_{j,i+1}(a_{j,i+1})\cdot\cdot\cdot d_{j,i+n}(a_{j,i+n})$$

$$d_{j,k}(a_{j,k})=\begin{cases}\overline{a_{j,k}}\rceil & (a_{j,k}=\rceil)\\ a_{j,k} & (a_{j,k}=\ \ )\end{cases}\qquad(3\text{-}5)$$

において、（a_{i-n}, ．, a_i, ．, a_{i+n}）に Rule30を１回適用した結果から、$a_i=\rceil$, の各々の場合に、A_{jn-1}またはD_{jn-1}、A_{jn-1}またはC_{jn-1}が（３-5）同様に記述できることといえる。これを、

$$A'^n=(A_j{}^{n-1},\ D_j{}^{n-1})*(A_j{}^{n-1},\ C_j{}^{n-1})\cdot\qquad(3\text{-}6)$$

と書くことにする。同様に、

$$B'^n=(B_j{}^{n-1},\ C_j{}^{n-1})*(B_j{}^{n-1},\ D_j{}^{n-1})$$
$$C'^n=(C_j{}^{n-1},\ B_j{}^{n-i})*(C_j{}^{n-1},\ A_j{}^{n-1})$$
$$D'^n=(D_j{}^{n-1},\ A_j{}^{n-1})*(D_j{}^{n-1},\ B_j{}^{n-1})$$

ところで、

$$R_j{}^n=d_{j,i-n}(a_{j,i-n})\,R_j{}^{n-1}d_{j,i+n}(a_{j,i+n})$$

とした時（R＝A, B, C or D）、（$a_{j,i-n}$, $a_{j,i+n}$）＝（ , ）,（ ,┐）,（┐, ）,（┐,┐）と４通りに分解できるが、まん中の$R_j{}^{n-1}$に注目すると、R'^{n-1}についても（３－６）同様に書くことができるが、R_{jn-2}のＡ－Ｄが 各々８個づつ全ての2^{n-1}個の配列に対して出現すると仮定すると、両端３隣接者づつにもすべての配列が入るため、$R_j{}^{n-1}$も全ての配列が８個づつ揃うことになる。かつ、Rule30の形式より、（３-６）形式のペアの組み方は、一義的に決まる。従って、$R_j{}^n$においてもＡ－Ｄは、均等配分されることになる。ｎ＝１、２、３の場合は、証明できる。以上より、ｎ回のiterationにおいて、A^n－D^nは、$2^{2(n-1)}$個のtermの並列形式となる。

同様にして、以上のような、隣接者認知の全ての配列を常に４つの行為に対して均等配分する形式は、２４通りの内、Rule30,45,75,86,89,101,135,149の８通りであることが解るが、

Ｒ３０－Ｒ８６　　Ｒ１０１－Ｒ４５
Ｒ１３５－Ｒ１４９　　Ｒ７５－Ｒ８９
（対は、反射について対称、各上下も対称）

であるから、実際には２つのタイプしか存在しない。ところでWolfram(1986)は，Rule30,45について様々な角度から、ランダム性を解析している。例えば、Lyapunov指数から摂動の波及効果を調べ、Rule30について０．２４２８＋０．０００３というほぼランダムに近い値を得ているが、決め手となる特性は得られていない。また、各Ruleをブール関数で記述し、ステップ数に対する最小ＰＩ数を求めている。これによって、ステップ数に対するtime complexityの増大量を調べ、計算可能性からランダム性に言及しようと試みている。しかしブール関数における最小の並列形式を見つける問題が既にNP-完全である為、直接time complexityの変化を観ることは困難である。が、Rule30,45が、ほぼランダムネスを生成するといいうる傍証は得られているといっても過言ではなかろう。また、wolfram(1984)同様、DFAの状態遷移グラフのnode数から調べることもできよう（Gunji*)。

このようにセルオートマトンとしてのランダム性解析から予測されるラ

ンダム系列発生形式が、以上のような観点からみて規定されるランダム発生形式に一致することは、きわめて興味深い。つまり、我々は、ランダムネスを消極的事態記述によって定義しうるのである。付言すると、本稿で掲げられた８通り以外のランダム発生形式候補者は、ｎ＝３－５で、Ａ－Ｄの均等配分をすべて崩し、パターンを形成するに至るのである（図５）。あるいは、ランダム性を観察者の知識（形式的に記述できる主体に取っ手し意的な言語系）によって形式的に分類することが可能かも知れない。

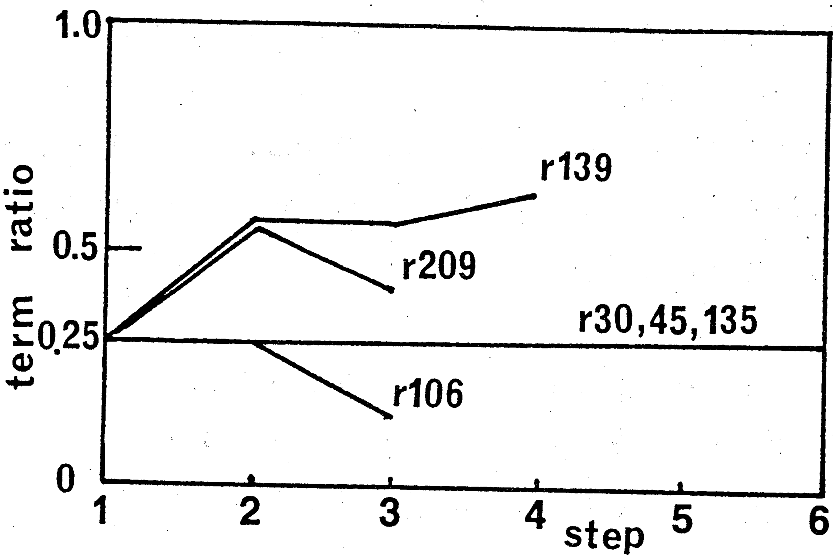


図５．iterationに対するterm比変化

さて、以上の考察から、特定の１個の公理付加によってできる言語からでも、ランダムネスが記述できることが解った。つまり、形式論的に、矛盾そのものをtermとして扱わなくとも、それは語りうることが確認できたわけだ。最初に述べた生物の定義からいくと、それは生物ではない。ここでもう一度確認しておくなら、生物は、矛盾をtermとする、すなわち等号の含まれる形式をtermとして扱うメタ言語によってのみ記述されるのである（そこでは、ひとつのformulaの中に等号がいれこ状に書き表される）。

5．おわりに

　繰り返しを恐れずに強調しておこう。我々は、生物を、自分勝手な、観

察者のコントロールし得ない対象として規定しうる。そのような状況に対して生物の目的因が見いだされる。それは、観察者が、世界（universe）から生物という対象を切り出す規定の仕方なのではない。本来生物においてのみ記述されうるものなのだ。しかし、我々は、純粋な、観察者の知識を反映しない対象など語り得ない。したがって、観察者から対象へ、対象から観察者へのふたつのoperationを形式化し、両者が創る世界＝状況を記述する。その時、コントロールし得ないということが、つまり目的因が、対象⟶観察者⟶対象→・・なる無限螺旋の形式をとる。これが円環として閉じない、可換でないということは、既存の形式言語で言語足り得ないということで、因果律が存在しないということである。したがって、最終的に要請される言語は、矛盾とそれを解消するための公理の一般的関係を公理化した言語、等号を含む形式をtermとして扱う言語なのである。

本稿では、それに対して非常に有効であると思われるブラウン代数の応用を試みた。矛盾を再参入で定義するとは弁別された空間に”時－間”構造を定義することを意味している。従って、それを変え続ける規則の定義によって、特定の狭い世界をかかるメタ言語で記述できるであろう。そのようにして、特定の生物の世界を近似することが可能である（Gunji,1988)。

引用文献

Gunji, Y. (1988). Molluscan pigment pattern generation by a dynamic structure with intrinsic time, illustrating subjective stance. In: Dynamical structure in Biology (Goodwin, B.C. et al. eds.), Ediburgh Univ. Press.

Gunji, Y. (*) in preparation.

木村　敏　（１９８２）．時間と自己．中央公論．

Marr, D. (1982). Vision. W.H.Freeman & Company.

Rosen, R. (1981). Complex system in biology. North-Holland.

Spencer-Brown, G. (1969). Laws of Form. George Allen & Unwin.
（邦訳：形式の法則、山口昌哉・監修／大沢真幸、宮台真司・訳、アサヒ出版）

Varela, F. J. (1979). Principles of biological autonomy. North-Holland.

Wolfram, S. (1983). Statistical mechanics of cellular automata. Rev. Mod. Phys.,55(3),601.

Wolfram, S. (1984). Computation theory of cellular automata. Commun. Math. Phys.,96,15.

Wolfram, S. (1986). Random sequence generation by cellular automata. Advances in applied mathematics, 7, 123.