脳＝現象論的計算過程

郡司ペギオ幸夫[1、2]・青野真士[2]・東秀樹[2]
[1]神戸大理学部・[2]神戸大学自然科学研究科

1．はじめに

現代科学が扱おうとしている生成という存在態（郡司 2001）は、現象学と科学的認識論の対立図式の中に、その姿を見出すことができる。それは考える（認識する）ことと跳ぶ（行為する）ことの間に、因果的関係を見出すか否かで明瞭である。「考えてから跳ぶ」という視座は、認識を、跳ぶことの根拠とする。その結果フレーム問題が帰結される。「考える前に跳んでしまえ」という視座は，両者の独立性を主張する。認識主体が考えるまでもなく、うまく跳べることの意味は世界に偏在しているというわけだ。現象学やその系譜にあるアフォーダンスはこの点を強調する。しかし我々は、考えることを契機として（決して根拠ではなく）跳び，跳ぶことを契機として考える。科学的認識論と現象学との対立は、認識・行為間関係を根拠性の存在問題とみなす憶見に起因するに過ぎない。

生成とは世界内存在である。世界は存在者を存在足らしめる何者か以上に言及できない。逆に世界内存在である以上，存在は世界に言及する。この言及を認識しようとするとフレーム問題に陥ることも、それを回避して偏在する意味をアプリオリに認めることも、いずれも世界の表現である。両者は共に認識論的破綻を通して世界を逆照射している。

認識論的機制の典型的モデルが計算過程である。現代科学は脳を計算機と想定し、この限りで意識を解明しようと試みる。しかし、この計算機は、世界内計算機である。世界と分離して計算過程を考えるなら、計算は記号処理に過ぎない。ところが計算機の実行は物理過程であり，電気の供給や冷房、計算機使用者の知識といった様々な前提に曝されて計算を実行する。この意味でそれは世界内計算であり，フレーム問題に曝されながら、絶えず計算機として既定され計算を実行する過程である。我々はこれを現象論的計算と呼ぶ（Gunji et al, 2001a, b)。「脳＝現象論的計算機」のモデルをここでは、赤ん坊の視点をモデル化し構成する。

2．赤ん坊の視点＝生成から世界へ

決定論的機械に模される或る脳の部位の挙動も、その外部の運動をその都度動員し、選択の結果決定論を実現するに過ぎない。すなわち理論家が人為的に切り取る部位の境界や理論的前提すら自然現象として考えるなら、「規則や決定論は選択を内在させている」のである。

計算の実行は、世界をその都度不完全に探索して意味論（これを局所的意味論と呼ぶ）を構築し，その中で統語論的記号処理を実行する過程と捉えられる。この描像は，世界を間接的にしか捉えないという態度から構成される。世界を認識論的に確定しようとすると，世界の外延（世界概念の

適用対象）を指定せねばならなない。世界とは部分をかき集めた全体以上に規定できず、故に世界の外延は「部分の否定」で規定される。他方，世界概念の内包は「部分を肯定し集めたもの」であるから、内包・外延は矛盾する。対角線論法は、この形式をとる。しかしこれは矛盾だろうか？アプリオリに規定できたとされた認識論的世界（全体）が成長したと考えるなら，これは矛盾ではない。逆に，認識論的世界が成長してしまった、と考えることで，概念世界の成長を許容し、それを内部に留める経験世界が間接的に理解される。

概念世界の成長を認めるとき，経験世界内概念世界が、モデル化可能となる。このとき概念世界とその否定の和をとるとそれは概念世界に一致せず，両者の交をとると空集合に一致しない。前者によって成長が、後者によって全体を見ない不完全な探索が表現可能となる。

局所的意味論は赤ん坊の視点と言える。初めて知覚された対象を頭の中で矛盾なく成立させるため、赤ん坊は自らの経験を意味論として使う。しかし意味論は当該の対象を理解するだけの場当たり的なものだ。新たな対象が知覚されるたびに経験の一部が動員され絶えず辻褄を合わせていく。ここでは、「当該の対象にとっての全体とは何か」、が鍵となる。

経験世界を $I \subseteq G \times M$、（G、M は各々対象と属性の集合）によって定義する。大人の構成する概念世界は、$A'=B$, $B'=A$ を満たす（A,B）対第一成分（外延；第二成分は内包）包含関係の作る概念束(Ganter & Wille, 1999) と定義する。但し

$$A' = \{m \in M \mid gIm,\ \forall g \in A\} \qquad (1a)$$

$$B' = \{g \in G \mid gIm,\ \forall m \in B\} \qquad (1b)$$

で、$A \subseteq G$、$B \subseteq M$ である。知覚された対象に対して経験世界全体を常に動員する過程が全称量化子∀によって表される。すなわち認識主体の完全な探索が，全称量化子によって表されている。

これに対して赤ん坊の視点は、経験世界のごく一部を恣意的に探索する部分全称量化子で定義される(Gunji et al., 2001 c)。部分的全体は常に成長する全体である。この一例が対角線論法の全体である。それは部分を数え上げ肯定した内包的全体と、部分を否定して実体化した外延的全体との_をとった全体である。この成長する全体の外部は虚無である。これに対して赤ん坊の成長する全体は、赤ん坊が世界内で生きることを前提とする。そこで我々は、認知された部分にとっての全体もまた概念と考え、部分全称量化子∀p を、外延と内包の否定の半外延との_をとって、

$$\forall_p\ g \in A \Leftrightarrow \forall g \in (A')^{+} \cap A \qquad (1)$$

と定義する。ここで半外延をとる操作は

$$B^{+} = \{g \in G \mid gIm,\ \exists m \in B\} \qquad (2)$$

によって定義される。すなわち、認識対象の全体とその否定とが、内包と外延というカテゴリーの違いによって混同されないことを基礎とする。これによって認識対象の全体とその否定の交わりが空とならず、矛盾に陥らない。その結果，経験世界に対する不完全な探索がモデル化される。これを用い、赤ん坊の視点で構成された概念世界は、不完全概念束（FA, ⊆）で定義される。ただし

$$FA = \{g \in G \mid gIm,\ \forall_p\ g \in A\} \qquad (3)$$

である。もはや赤ん坊の概念世界は、経験世界を変えてしまう。束（FA, ⊆）に対して、$FA=S'$, $(FA)'=S$ を満たす概念(S, FA)を得、これを満たす新たな経験世界を構成し

ていく。

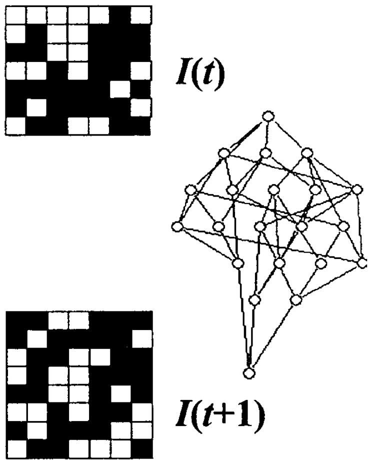

図１　部分全称量化子によって構成された不完全概念束を経由して、対象・属性間二項関係が時間発展する例。

こうして図１のように、赤ん坊の経験世界 $I(t)$（G（縦）×M（横）で示され、黒四角は二項関係）は、概念世界を表す不完全な概念束（右図）を介して $I(t+1)$へと変化していく。すなわち不完全概念束は、完全な概念を満足するべく、経験世界を変えてしまう。

対角線論法から我々は、全体と全体の否定の和が全体に一致しないという言明も得た。我々はこれを経験世界（二項関係）の成長によって構成した。与えられた二項関係は、絶えず，新たな属性と新たな対象の付加によって成長すると定義する。新たな属性は全ての既存の対象と関係を有し，新たな対象は全ての既存の属性と関係を有すると定義する。ただし新たな対象と属性間に関係はない。つまり全てと関係のある何者かが実体化され，世界に付加される。これが成長する全体の表現となる。

局所的意味論は，以上述べた二つによって構成される。つまり局所的意味論は，成長する二項関係を不完全に探索して構成される不完全概念束として、その都度構築される。

３．局所的意味論適用オートマトン

ここで、赤ん坊の視点を通した数学書読書過程を考える。赤ん坊は、与えられた式に対して数学イメージを統語論的に構成し、統語論を成立させるように局所的意味論を構成する。以降不断に、両者間の辻褄あわせが進行する。教科書を、セルオートマトン遷移規則の束多項式表現に置き換え、数学イメージを状態（ビット列）、意味論を束で与える。経験世界（$I(t) \subseteq G \times M$）は前述のような成長を許される。この成長によって得られる二項関係は、互い得に大人の視点（全称量化子）で概念束を構成する限り束が同型となるような拡張を許している(Gunji et al. 2001d)。ただしその拡張の度合い（Gunji et al, 2001a,b）は、状態に依存して決まるとする。

束多項式に従った状態の時間発展は、多項式の意味論が赤ん坊の視点を介して変化することにより、遷移規則が変化したように変わる。概念束が全てブール代数で同型となる場合でさえ、同じ二項関係系列で得られる不完全概念束は、分配律の程度を変える(Gunji et al. c)。したがて補元（否定）の数が一意に決まらず、ここに自発的ゆらぎが発生するからだ。大人の視点で拡張度合いの異なる関係から束を構成すると全てブール束となり、時間発展は単一の遷移規則で説明できる。同じ関係群を赤ん坊の視点を介すると、拡張の程度に応じ、ブール束・非分配モジュラー束・非モジュラーオーソモジュラー束・非オーソモジュラー束が生成され、階層性を有し、これが自発的

ゆらぎの原因となる。

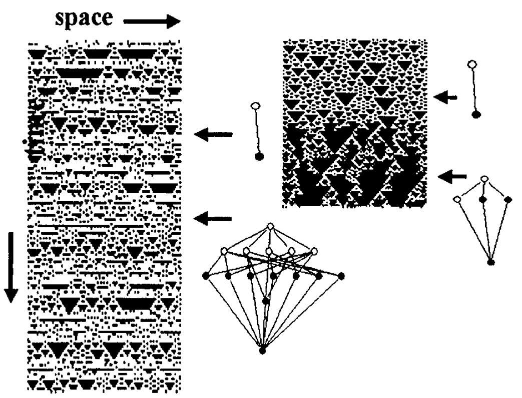

図２　意味論としての不完全概念束が変化し続けることで束多項式の計算挙動が変化する時間発展例。ただし束多項式は時間発展を通じて不変である。

図２は単一の束多項式のもとで束が部分全称量化子を介して変化し、規則が変化したように挙動する時間発展例である。束多項式は，ここで

$$a_k^{t+1} = (a_{k-1}^{t} \cap a_k^{t} \cap a_{k+1}^{t}) \cup (\sim a_{k-1}^{t} \cap \sim a_k^{t} \cap \sim a_{k+1}^{t}) \quad (4)$$

であり、この束多項式の計算をその都度決定された束上で計算している。

計算の手順を以下に示そう。まず初期ビット列が与えられる。これを定量化しその値によって、経験世界である二項関係のサイズが指定される。ここから不完全探索によって不完全概念束が毛決定される。不完全概念束の要素は、*A*,　*B* 二つの部分集合からなる。この二分法は，束において否定が唯一に決まる限り *A* 要素の否定は *B* に存在するよう設定されている。ビット列の値は，０が束上の *A* 要素のいずれか（選択はランダム)、１が *B* 要素のいずれかに写される。この束上で、束多項式（４）の計算が実行される。このとき束で分配律が成り立たないなら，*A*,*B* をどのように分けても，*A* の或る要素の否定が，*A*,　*B* 両者に複数個存在する場合が存在する。束上の計算結果は、*A* の要素が０へ、*B* の要素が１へ写され，ビット列へと変換される。以上の過程が繰り返されて、ビット列は時間発展する。

我々が提唱する現象論的計算過程は、分配律の階層性によって、原理的な並列処理の意義を際立たせ、創発に開かれた頑健な認知システムの新たな装置と考えられる。意味論をブール代数に固定してセル・オートマトンを計算する場合、我々は計算の万能性と効率の間に，トレードオフの関係があることを確認した。これに対してセル･オートマトンを現象論的計算過程として計算すると，トレードオフが弱められ、ほどほどに万能でありながら効率のいい計算が実現される。我々は現象論的計算という形式で計算概念を拡張し，発想を計算するという計算概念を定式化する予定である。

引用文献

Ganter, G. & Wille,B. (1999) Formal Concept Analysis. Springer.

Gunji, P.-Y. et al. (2001a) In: Proc. *IMEKO/SICE/IEEE* (Ito, K. Morasso, P.G. & Ostry, D.J eds.) pp.55-60.

Gunji, P.-Y. et al. (2001b) BioSystems (submitted).

Gunji, P.-Y. et al. (2001c) In: Sciences of the Interface(Diebner, H.H. et al. eds.) pp.111-130.

Gunji. P.-Y. et al. (2001d)Chaos, Solitons & Fractals (in press).