

時 と 情 報

大 原 荘 司

- 第1章 時とは何か
- 第2章 情報における時の展開
- 第3章 時のシミュレーション
- 第4章 おわりに

第1章 時とは何か

考える、忘れるなど人間の心的過程は「時」に依存する時系列的現象である。「時」の流れや人生を直線上の時間刻みでモデル化するのは「時」の空間化であり、また時計の出現は、「時」の情報化（空間化）と時間としての差分化により「時」の非人格化をもたらしている。「時」を存在根拠とする意識にとってはカテゴリーミステイクというべきであろう。しかし「時」は依然として単なるパラメータではなく実在である。

相対論的時空モデルによると、絶対時間は存在せず空間と時間は切り離せない。（ローレンツ変換： $x' = \gamma(x + vt)$ ）重力は時空を湾曲させ、重い物体の近くにある時計や、高速で移動する時計の進み方はその時計とともに移動する人の思いや生理現象とともに遅くなる。但し静止状態の固有時間と比較して相対的に遅く見えるのであって、比較すべき絶対時間はない。このことはもの（存在）と時との深い関係を示唆し、ある絶対的存在よりも縁起（時的相互関係）が本質的であることを意味していると考えられる。というのも縁起とは原因と条件との時系列的連鎖を意味するからである。

一方人間存在の根拠を問う見方からすれば、「尽界と我と同時」で自己即時ともいえるがこのことはハイデッガー流に「現存在自身が「いま」ということばで自分自身を言い表している」ともいえる。自己は自分というものでなく、自分という「こと」⁽¹⁾であるとも受け取れる。ただしこの場合の「こと」は、「時」そのものではなくやはり「時」の「もの的自己限定」であろう。「こと」には時間性が含まれる。そして「こと」は、記号の時系列的展開である「情報」によってしか表現できない。ここに時と情報、あるいは自己と情報の深い連関が推論される。「時」は外的世界の一対象として知覚することはできないが秩序立った認識のための素材として心の中にすでにあるというのがカントの見方であろうが、むしろ心が「時」によって受動的に活かされているとも受け取れよう。もし時がなければいかなる「不安定な状態」も有り得ず、

(1) 木村 敏：「時間と自己」, 1982年, 中央公論

「こと」は一切起こり得ない。

では、そもそも「時」とは何か。時計の針の動きのような時的現象を「時間の流れ」と理解し続けてきたから時間が経つと感ぜられるのである。本来流れるものは何もない。物事の知覚順序的变化を時の流れとみなしているだけである。しかし、時は実在する。ビッグバン以前にも時は流れない時として実在したのではないか。ここで実在とは、常住で客観的对象化が可能なものという一般的定義から離れ「存在そのものにとっての意義の深さ」と考える。時は時間を時間たらしめるもの、今を今たらしめるものである。常識的には、「ここ」という空間的認識が自己であるが、「いま」は自己の別名ともいえるから、時は自己を自己たらしめるものでもある。(相対論での時間と空間は切り離せないということがこの意味でも領ける。)

「実に常住不変にして古今を貫く。名(情報)はあるけれども元来虚なるものだから生滅はない。一切は皆時(有時)で、実物とみゆるもの(情報)も皆虚である。」⁽²⁾「空」は空間的空というより時間的空であり、空の肯定的表現が「有時」であると考え。ホーキングの虚時間の提案は実時間に直交するという意味で時間の否定であり有時になぞらえられると考える。⁽³⁾

翻って経済空間における時間性は例えば財の変化というような形で表現されるが、時間の量的扱いは物理空間と異なってもその本性は同じものであるはずである。空間の解釈には状況による自由度があるが、時間解釈には自由度がない。経済空間においても加速度のような物事の2次時間微分で表現される概念があるがこれは本来「力」と結びつくものである。⁽⁴⁾「力」は状態変化という時的現象の原因として定義される概念である。今日、物理的、心理的あるいは社会的力によって時間軸が歪を経験しているように思われる。本来のリズム(時間的秩序)とは違うリズムが存在しているのではないか。文明が空間的に生命を脅かす時代から、時間的に生命を脅かす時代に移る可能性もある。今後は、自然社会人文の諸科学と宗教の共通の土俵上で「時」についての冷徹な議論がなされる必要があるだろう。

第2章 情報における時の展開

情報は頭脳の外化と呼ばれるように、生々しい頭脳の現象の空間的投影ということができよう。その意味で内在的時を失い非活性化したものといえるが、その出現の過程は時系列的である。単なる記号の集合ではない時的緊張感が含まれたものであろう。楽聖モーツァルトは作曲に際し一曲のメロディすべてを時を越えて一瞬に空間化できたそうであるが、その曲を演奏する場合にはやはり時的緊張感のもとに時系列的に情報展開せざるを得ない。

あるバングラデシュの留学生は英語より日本語の会話が簡単であると筆者に語った。その理由は日本語には時制のしぼりがほとんどないからということである。日本語において基本的な

(2) 西有穆山;「正法眼蔵啓迪・有時」, 1965年, 大法輪閣

(3) ホーキング;「時間順序保護仮説」, 1991年, NTT出版

(4) 城島国弘;「経済学と物理学」, 1988年, 多賀出版

のは述語格であり⁽⁵⁾述語格の空間的配列が日本語表現である。従って述語格間の表現順序にルールはない。一方英語は極めて強い時系列的言語といえよう。日本人の無常感は、むしろ空間的無常に根ざしているのではないか。また働きすぎなど時的過食症ともいえる行動スタイルも言語表現における時的無感覚と無関係ではあるまい。

データベースは情報の空間的展開といえるが、データベースにアクセスする状況は情報の時間的展開でありそれによって頭脳の中に再配置され活かされるのである。

画像などの2次元空間情報を1次元的に走査して時系列化して伝送するというような技術的状況も情報の時間展開である。時間そのものが重要な情報となる例として、GPS（グローバル・ポジショニングシステム）がある。グリニッジ標準時間に合わせた原子時計（磁気共鳴の周期の一様性を利用）を装備した3つの人工衛星からの時間情報通信の相対的遅れ情報から地上の受信者の位置を精密に計算するのがGPSである。現在乗用車の自動ナビゲーションシステムに大量に使われ始めている。

情報は物理的には空間的秩序（負エントロピー）であり、これが観測され表現される時点において時間性が付与されたいわゆる情報となる。ハイゼンベルクの不確定性原理から、エネルギーや時間などのように互いに相補的な量は片方を精度よく観測すれば片方の精度は悪くなる。

（量子効果が問題となる微視的領域では、 $\Delta t \Delta E \geq \hbar$ ）不確定性原理の衝撃によって、必然性ということが情報の意義について重要なウェイトを持つようつなつたのではないか。物理学においても科学的断片化から東洋的総括化（空間的相関を重視：場の理論）の傾向と共に、プリゴジンの⁽⁶⁾熱力学に基礎をおいた時間発展の物理学が近年の自然記述の方法論の中核のひとつになっている。⁽⁷⁾ウィーナは情報の伝達と復帰の連鎖をフィードバックの鎖と名付けた。結果によって原因を修正するというあり方で、その後機械的フィードバックから電気・電子回路フィードバックへ、そしてソフトウェアフィードバックの概念へと発展してきた。因果関係の情報を決定論的に把握できない場合に用いられる時間の遅れを利用した知的便法であってその意味ではファジィ理論やニューラルネットワークと同様である。技術的には便法でありながらも生体系の本質的あり方の一つでもある。例えば生体系での時間の遅れを伴う情報表現の例として、草地の草食動物の個体数 $p(t)$ は次のロジスティック方程式（時を含んだ論理の方程式）で表現される。 $dp(t)/dt = \epsilon(1 - p(t - T)/K) * p(t)$ ここで T は草地の回復時間（時間遅れ）であり、⁽⁸⁾ ϵ は増殖係数、 K は飽和個体数である。⁽⁹⁾

時は存在に自由を与えるものである。現在の情報が次の瞬間の情報を生み出して行く、自己組織性あるいは自己増殖性が人工生命としてプログラム上で実現されている。（コンピュータ

(5) 大出 晃；「日本語と論理」, 1970年, 講談社

(6) D. ボーム；「断片と全体」, 1985年, 工作舎

(7) I. プリゴジン；「存在から発展へ」, 1984年, みすず書房

(8) N. ウィーナ；「サイバネティックス」, 1962年, 岩波書店

(9) G. E. Hachinson；Ann. N. Y. Acad. Sci., No. 50, 221, 1948

ウイルスはその反社会的応用である。) 人工生命は情報ダイナミックスともいえるものであり生命進化(生命の時間発展)のモデルとして重要な課題⁽¹⁰⁾になっている。

さて現在のコンピュータにおいて、時は重要な無償の資源である。複数の記憶素子の空間的配列のもとに演算のプロセスが成立し得るのは時の活用によるのである。ホストコンピュータがTSS(タイムシェアリングシステム)を用いて、複数のユーザとあたかも同時に対話できるのも時の資源による。ユーザがソフトウェアを介してコンピュータを利用する場合にも時が介在している。ワープロのような文書作成は、頭脳から時系列的に発想される文書情報を時間的にメモリー展開して空間化することである。それによって以前の入力情報を修正するといったフィードバックを可能にしている。一度空間化されストアされた情報は、それ自身が創造的に時間発展するものでない限り「時」の配下にあるとはいえない。情報は常に人のこころの秩序として、その発生源である頭脳によって再認識され生々しい時(自己)のもとになければならないのではないか。これがどれほど知識の情報化が進んでも、人にとって学ぶことが本質である理由の一つであろう。

コンピュータの本質は、記憶素子階層における情報ストア状態の遷移にある。このことは、順序回路(ある時刻の入力と内部状態から、出力と次の時刻の内部状態が一意的に決まるような回路)における2値状態の時間的遷移から、タスク管理における状態遷移情報まで貫かれている。また最近パーソナルコンピュータの高性能化でクロック周波数や浮動小数点演算速度(MFLOPS)が話題になるがクロックはCPUを駆動するタイミングパルスの速さを意味しMFLOPSとはおよそつぎの関係がある。

$$\text{クロック周波数 (MHz)} / (\text{乗算加算に必要な平均クロック数}) = \text{MFLOPS}$$

これらの概念は、コンピュータと時とを直接結び付けるものであり、コンピュータが完全に時の配下にあることを示している。JOBの処理順序に関する待ち行列理論の応用や並列処理システムにおけるプロセスの協調動作制御のための絶対時間の仮定など現在のコンピュータと時との直接的な関係も深い。

神経回路網のダイナミックスを発展させた最近のニューロコンピュータの設計では、時間と共に変わるニューロンの出力パターン⁽¹¹⁾の表現モデルとして次の関係式を用いる。

$$V_i(t+1) = f(\sum J_{ij} V_j(t) - U) \quad (i=1 \dots N)$$

一定の時間経過を辿る知的プロセスのモデルとして有効である。ニューロンは2値論理素子ではなく、上記 J_{ij} のようなニューロン i, j 間の情報伝達効率にあたるものが介在する。

一方プログラミング言語の記述においても、時の論理が現れる。 $n=n+1$ という代入文のように記憶素子への情報の出し入れの時間差が前提となるものや、if~then~elseのように時系

(10) C. G. Langton et. al.; ARTIFICIAL LIFE 2, PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON ARTIFICIAL LIFE HELD FEB. 1990, IN SANTAFE, NEW MEXICO.

(11) T. ゲスチ;「ニューラルネットワークの物理モデル」, 1992年, 吉岡書店

列的処理に同期した分岐的時間構造を表す判断文などがそれである。日常言語での if 文は時間を固定した空間論理的でありこの点の相違がプログラミングを難しくしている原因の一つの要素であると考えられる。一方ではウィンドウズシステムのようにパーソナルコンピュータの操作手続きという時系列的過程の煩わしさを省くインターフェースの出現は、過度の空間化のために時間観念に歪を生ずる原因となることも予測されよう。

述語論理プログラミング言語の中には、時間の要素を積極的に受容して必然性の概念を導入しようとする努力もなされている。Allen の時相論理などがそれで、例えば $\text{Hold}(p, T)$ という記述は、性質 p は時間の区間 T で成立することを表現する⁽¹²⁾ (時間を区間の集合とみなす場合)。時相論理は時間を論理的に形式化するもので、例えば「 A は未来のある時点で真である。」というような時間を含んだ命題の記号化を試みる。しかし現状の時相論理は日常的時間を単に空間化しただけであり、時を線形連続と見るか離散分岐的と見るかの時間の本質構造に関しても哲学的考察を尽くすことが先決であろうと考える。

さて情報の時間方向の伝搬に関しては、近年実用化された形状記憶材料が注目される。*Ni-Ti* のようなある種の非鉄合金は高温から急冷するとマルテンサイト相に転移するが、この相では丁度身体の関節をはずすように塑性的変形が可能である。従ってこの相で変形しても高温での形の情報は結晶構造上「記憶」されているので、温度を元の高温にすれば関節が元に戻ってあたかももとの形に戻ったかのように見える。これが形状記憶の仕組みである。従ってこの場合の記憶は遺伝子のような記号論理的記憶の仕方とは異なるが、今後の時の情報化の検討に際してはこのようなハードウェアの直接導入も考慮する必要があるだろう。

第3章 時のシミュレーション

時を明らかにすることは存在を明らかにすることである。コンピュータという時的マシンを用いて、現実世界の時的現象の再現を試みることはそのまま「時」の表現であり、この意味でも興味深い。ここでは、筆者らが試みているいくつかの時的コンピュータ解析について論じる。

3.1 ダム湖の流れシミュレーション

COD, リンなどの水質汚濁物質が流速の低い湖底に蓄積され貧酸素化のために重金属溶出などの水質悪化による環境問題を引き起こしている。これを回避するには、貯水池全体の3次元の流速分布の時間変動が重要な知見となる。筆者らは、温度分布データからコンピュータシミュレーション⁽¹³⁾によって流速分布を有効に求める方法を実現し湖底の流速を有効に上げる方法を検討している。流体のコンピュータシミュレーションの出発点は、次の Navier-Stokes の

(12) 赤間世紀；「計算論理学入門」, 1992年, 啓学出版

(13) 大原荘司, 原田和男；「温度分布データより求める貯水池での3次元流速分布」, 環境技術, VOL. 22, NO. 5, (1993)

方程式と熱伝導の式および連続の式である。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + E_u \Delta u + E_v \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = K_t \Delta T + K_v \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \Delta = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)$$

ここで、 u, v, w はそれぞれ x, y, z 方向の流速、 T, p, ρ はそれぞれ水温、水圧、密度であり、 E, K は粘性および熱の拡散係数である。

これらの式に含まれる「時」は流速そのものと、流速および温度の時間微分である。実際の計算はこれらの式を離散化して行われるが、時間発展方向の計算は時間差分を Δt とすると1時間あたり $3600/\Delta t$ 回のステップで行われる。各ステップ中はいわば時間を止めて空間的計算を最大500回に亘って実行する。すなわち今の圧力勾配から流速を導き、その流速から圧力

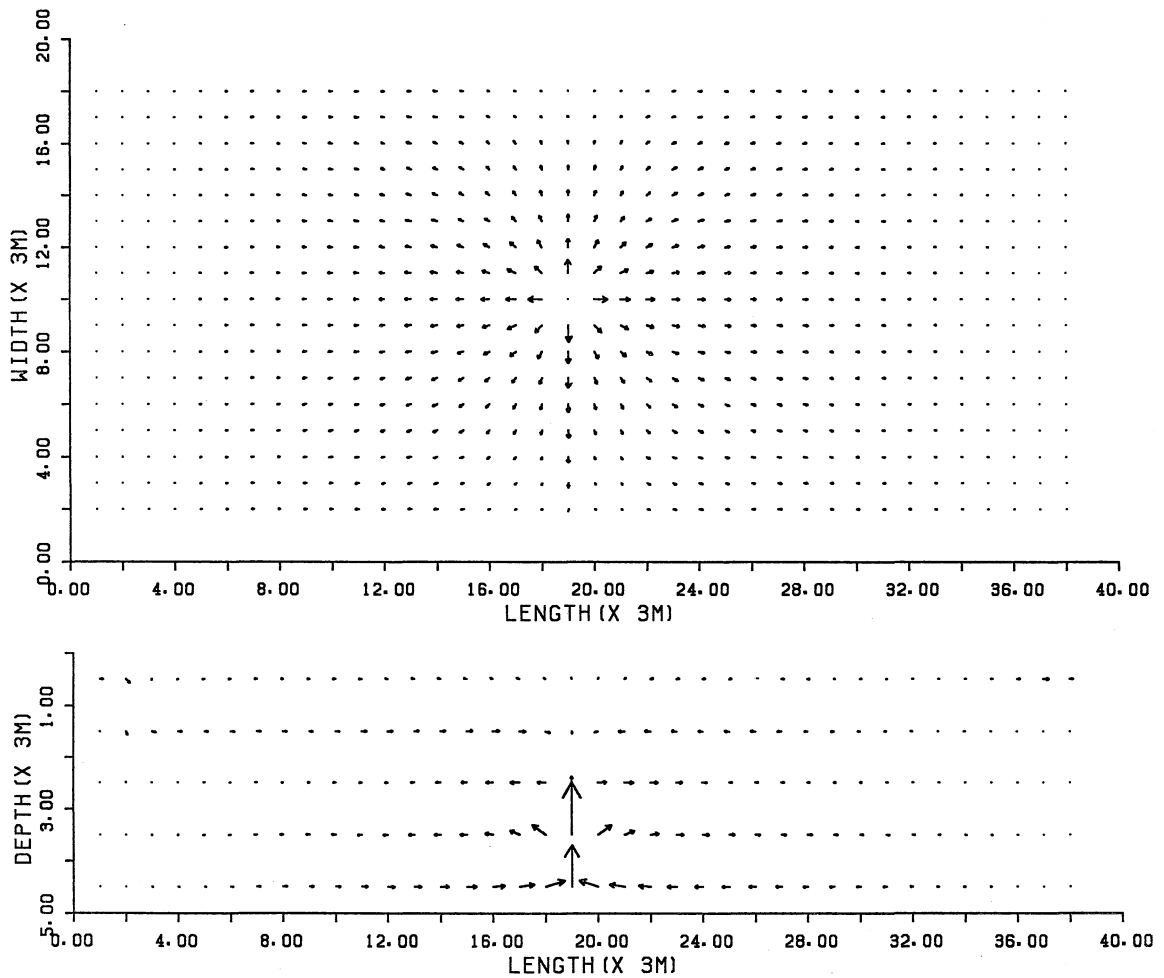


図1：ダム湖の流速シミュレーション。2時間後の中間層（上）および断面（下）の流速分布

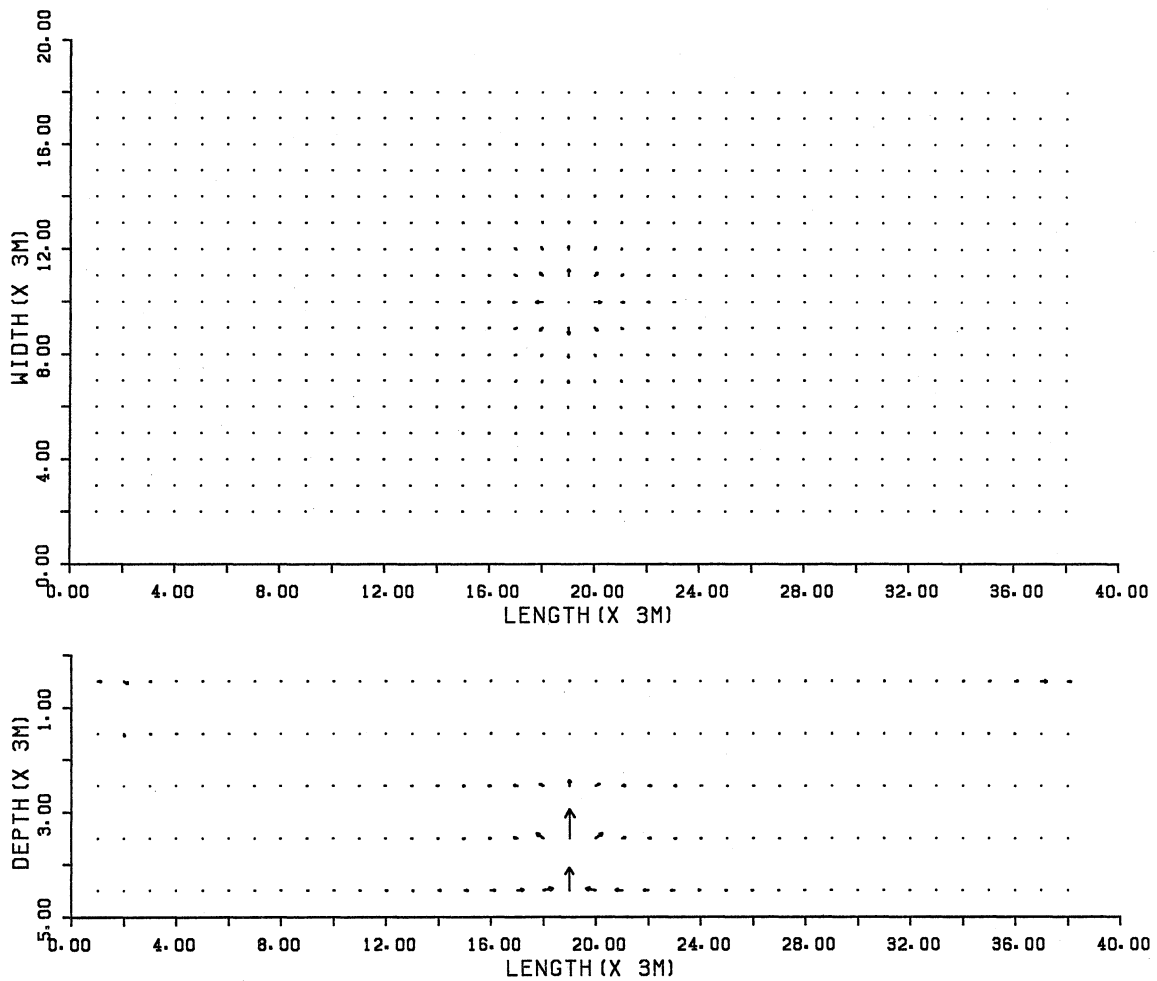


図2：ダム湖の流速シミュレーション。10時間後の中間層（上）および断面（下）の流速分布

を求めるための係数を導き、求められる圧力から次の流速を導くという非線形フィードバック処理を繰り返す。この際空間的計算は約5000ケの3次元立方体メッシュのすべてに亘って相互の流速の連続性を吟味しながら行われる。収束の速さは流入速などの諸条件に依存するので、1時間に対応する計算時間は場合によって異なるのは当然である。この手続きで流速と温度分布の時間発展を追跡する。また自然に近い開放系としては、放射熱として表面から供給される太陽熱エネルギーの時間変化や流入水温の時間変化などもパラメータとして加えられる。容積約80000 m³ のダム湖について、人工的に対流を発生させるべく底層の中央部を加熱する条件のコンピュータシミュレーションで得た2時間後および10時間後の中間層および断面の流速分布を図1および図2に示す。

3.2 格子動力学シミュレーション

前節の流体シミュレーションは非線形微分方程式を用いた決定論的方法であるが、物理現象の確率的シミュレーション法としてモンテカルロシミュレーションがある。著者らはこれを

2次元や3次元の結晶格子の動力学に応用している。この場合、結晶を構成する原子や分子の位置は固定で交換積分常数 J_{ij} (神経モデルの情報伝搬効率に相当)、温度、組成などの条件によって格子状態 (原子の種類, スピンの向き, 結合配位の向きなど) が集合的にどう時間変化をし、秩序化あるいは無秩序化していくかを追跡する。このときの時間は運動としての時間ではなく、熱力学第2法則 (エントロピー増大の法則) における非可逆性を実現する主体となる「時」である。

2次元に配列された各格子点の分子が6ケの隣接分子に囲まれ、12ケの結合配位を確率的に持つ場合にある配向 S_i (隣接分子との交換エネルギー状態 $E(S_i)$) を占める確率は、ボルツマンの基本公式

$$P(S_i) \propto \exp[-E(S_i)/k_B T]$$

によって与えられる。 T は絶対温度、 k_B はボルツマン常数である。

コンピュータで乱数を発生させて、いわばサイコロを振り確率的に状態変化を指定するモンテカルロステップが時間発展に対応している。各モンテカルロステップのプロセスは 64×64 の2次元格子に対しつぎのように行われる。

64×64 回複数の乱数を発生させてその都度次の処理を実行する。

- 1) 格子点をランダムに選択する。(先験的等確率の原理)
- 2) 選んだ格子の現状分子配向1と別の乱数で求める配向2のそれぞれで周囲の分子との交

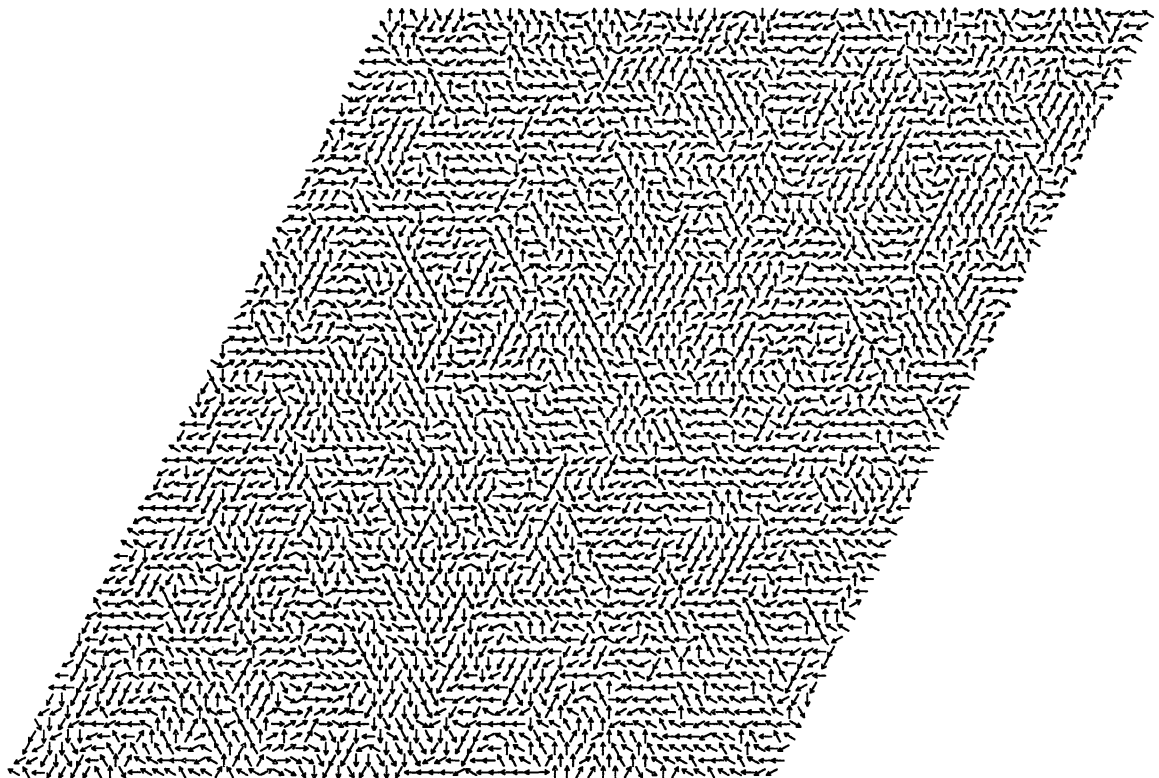


図3：高温における格子点 (64×64) のランダムな配向 (12方位)

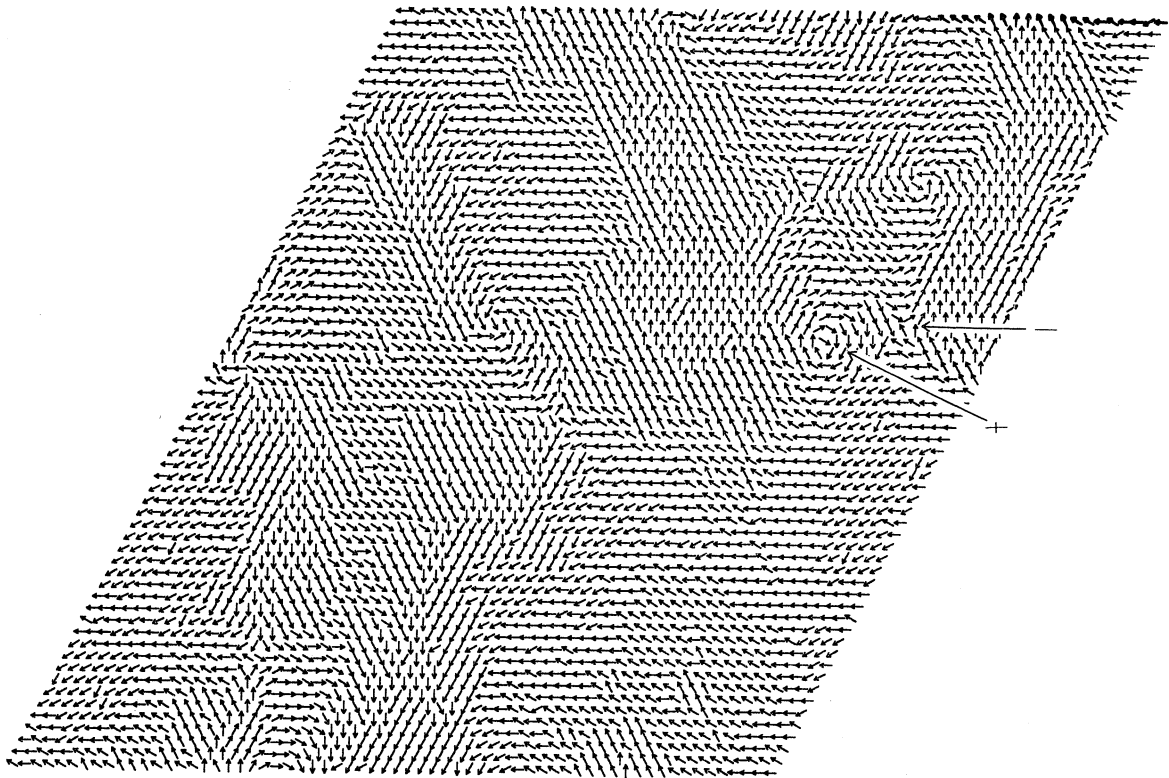


図 4 : 500回モンテカルロステップ後の配向。渦の形成がみられる

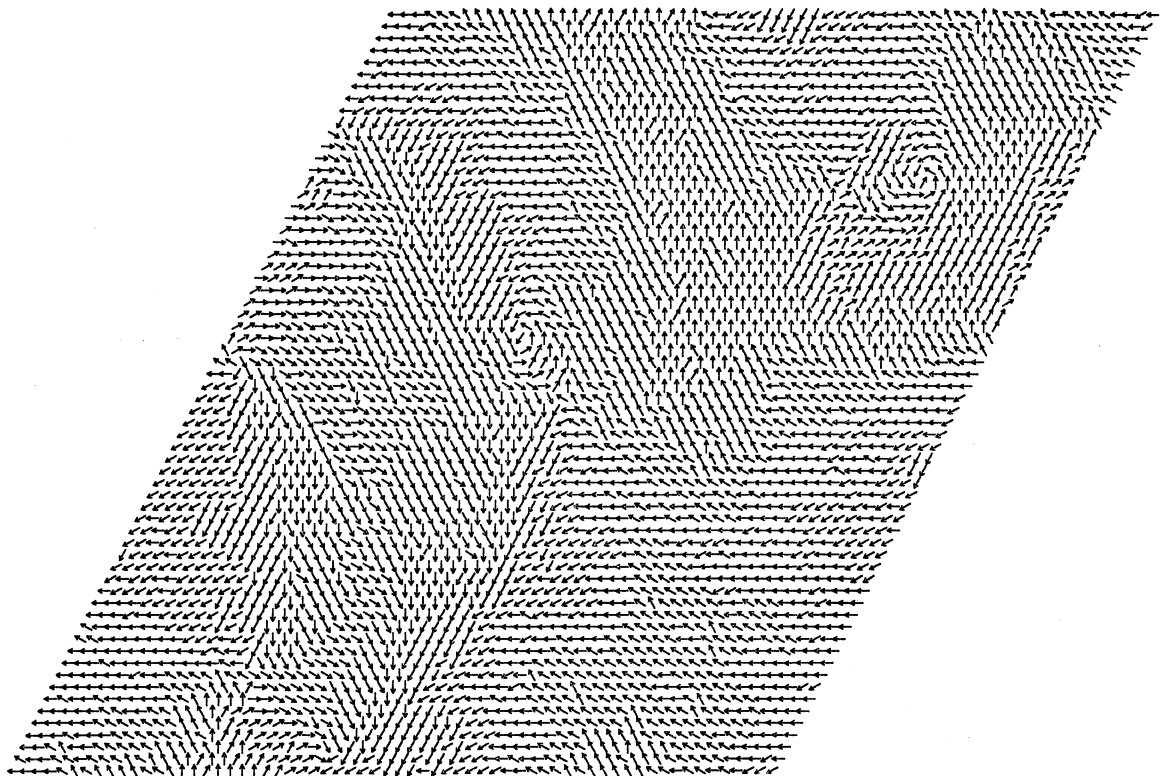


図 5 : さらに500回ステップ後配向。渦の接近と消滅

換エネルギーの総和（ハミルトニアン）を求める。

実際には、相互の配向角の差の余弦の和を用いる。

3)配向2の方がエネルギーが低ければ、選んだ格子の分子配向を2に変える。

また別の乱数 r に対し、

$$\exp(-(\text{ハミルトニアンの差})/k_B T) > r$$

の場合も配向を2に変える。

高温の配向が図3のランダムな状態から低温に周囲温度を変えた場合、配向は次第に秩序化の方向を進むが上述のモンテカルロステップ500回後、図4のような渦を発生し、渦同士（+-渦）のクーロン相互作用的接近（さらに500回後）（図5）と消滅の仕方によって異なる相を形成する。（コストリッツ・サウレス相転移⁽¹⁴⁾）

筆者は長距離秩序である渦の形成や接近が脳ニューラルネットワーク中での記憶固定のモデルの一つに使えるのではないかと考えている。このような確率的扱いで物理状態の時間発展を追跡することが可能なのは、熱力学的現象が非可逆過程で時間に対して対称でないためである。またエントロピー増大の方向が時間の向きでありながらこのような秩序化が起こるのは、上の系が開放系（生体系と同様）であり外部とエネルギーや情報のやり取りがあるためである。

上述のような渦の発生や消滅は空間的なアルゴリズムからは全く予想し得ないものである。コンピュータが時間を資源として用いることによりある種の創造性を発揮しているものといえるのであり、生体系や経済循環のモデルとして適用可能である。

3.3 カオス時系列現象のフラクタル次元解析

一見ランダムな時系列的現象に何らかの決定論的（例えば非線形方程式で表現し得る）規則性が存在するとすれば、その現象はランダムな（全く確率的な）現象とは違った「時」の表現であるといえよう。パーコレーションのような空間的にカオティックな現象ではその空間的占有領域が距離の増加に対し距離の非整数乗で増えるという性質がありこの非整数値をカオス次元（フラクタル次元）と呼んでいる。この次元の概念を時系列データに適用する場合、まずデータを m 次元空間に埋め込む。すなわち

$x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_i$ の時系列データから

$$V_1(x_1, x_2, \dots, x_m), V_2(x_2, x_3, \dots, x_{m+1}), V_3(x_3, \dots, x_{m+2}), \dots$$

の m 次元空間の各点を再構成するのである。その上で、空間内の点の埋まり方、すなわち距離の増え方に対するその距離内の点の増え方の度合いを求める。

そこで、フラクタル次元は次式で定義される。⁽¹⁵⁾

(14) H. Toyoki; Dynamics of Ordering Processes in Condensed Matter, edited by S. Komura et al., 173, Plenum Press., 1988.

(15) F. Takens., Lecture Notes in Math., 898 (Springer-Verlag), 366, 1981

$$D_m = d \log C_m(r) / d \log (r)$$

ここで $C_m(r)$ は相互の距離が r 以下のベクトル点のペアの数である。

実際にカオティックな現象は、自己参照的条件下の創造的現象に多く観測される。脳波や血流のような生命現象もカオティックであり、周期的秩序を持っている場合の方がかえって異常であると判断されている。経済現象も生命現象に近い振る舞いをする場合が多い。人間の突然の発想やパラメータの少しの変化が予想も出来ないような大変動を引き起こすことも有り得る訳である。フラクタル次元はこのような一見ランダムな現象に適用される秩序度の尺度というこ

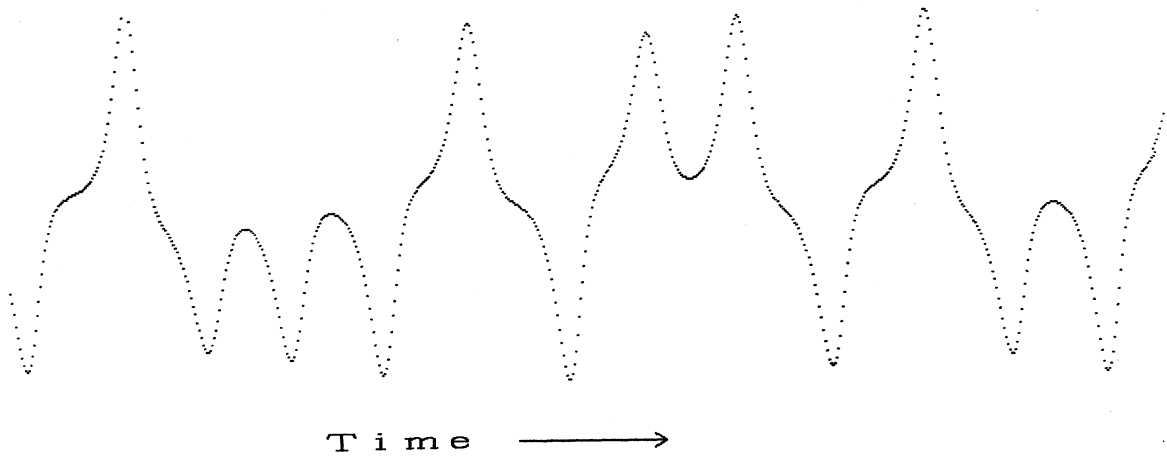


図 6 : 非線形時系列モデル

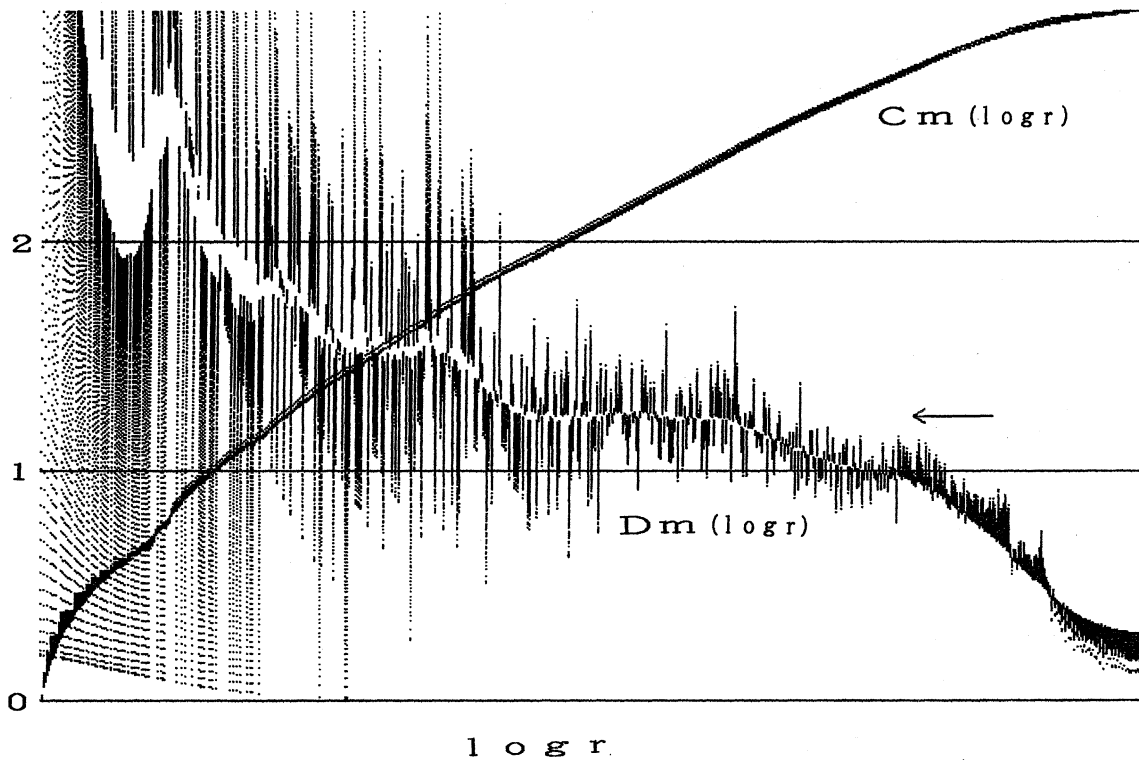


図 7 : フラクタル次元解析結果。 $D_m(\log r)$ ダイアグラム

とができる。例えば図6は非線形微分方程式によって創出される不安定な経済循環のモデルといえるものであるがこの時系列データを5次元空間に埋め込み、次元解析を行うと図7の結果を得る。 Dm がフラットになる位置からこの経済循環は約1.3次元のカオスであり、例えば2つの重要なパラメータが不完全に関与して起こっている現象であると考えられる。筆者らは宇宙線空気シャワーのイベント間隔の時系列データについてフラクタル次元解析を施し、通常は指数乱数と見なし得るこの現象が空気シャワー頻度がある程度以上大きい期間の時系列データ⁽¹⁶⁾については、カオティックな様相を示す場合があることを見いだした。

3.4 太陽活動の画像解析

太陽の黒点活動は約11年の周期を持つことが知られているが、これは高温ガスである太陽の表面付近での対流と自転(約27日周期)の相互作用で作られる磁場の作用周期であると考えられている。また太陽面では約5分周期の振動(5分振動)が起こっており、この振動の観測は太陽の内部構造や弾性運動⁽¹⁷⁾についての情報を与える。筆者らはNASAのスペースラボによって宇宙空間から観測された太陽表面の動画像を画像解析することによる太陽振動の解析を試みている。図8は太陽表面画像に2次元フーリエ変換を施し、得られる2次元パワースペクトルから異なる2つの空間周波数を取り出し、この情報を逆フーリエ解析にかけることによって得られる2つの画像である。図の一辺は14.5 Mmで太陽直径の約1/96である。対流による粒状斑(グラニュレーション)が鮮明に現れている。この画像上の1ピクセルの輝度を動画の各画像(25分間に20シーン)について求めて時間発展方向にプロットすると図9のようになる。

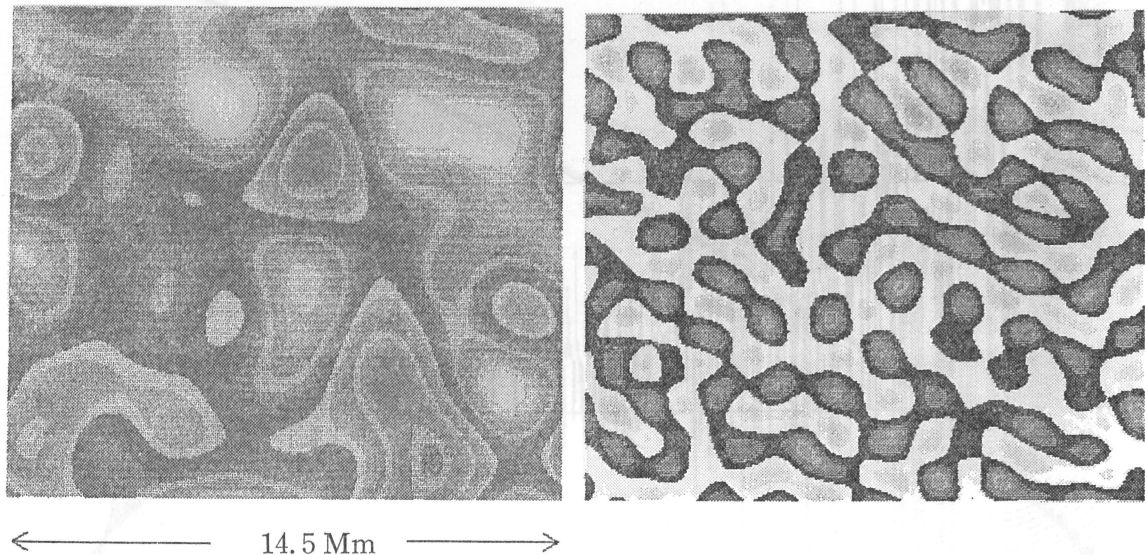


図8： 太陽表面画像の2次元フーリエ変換から得られるパワースペクトルより選ばれた2つの水平振動数に対応する逆フーリエ変換像。斑は対流による粒状斑

(16) 大原荘司, 北村崇等;「宇宙線空気シャワーのフラクタル次元解析」, 1994年3月日本物理学会発表

(17) 柴橋博資, 関井隆;「日震学への招待」, 天文月報, No. 10, 416, 1993

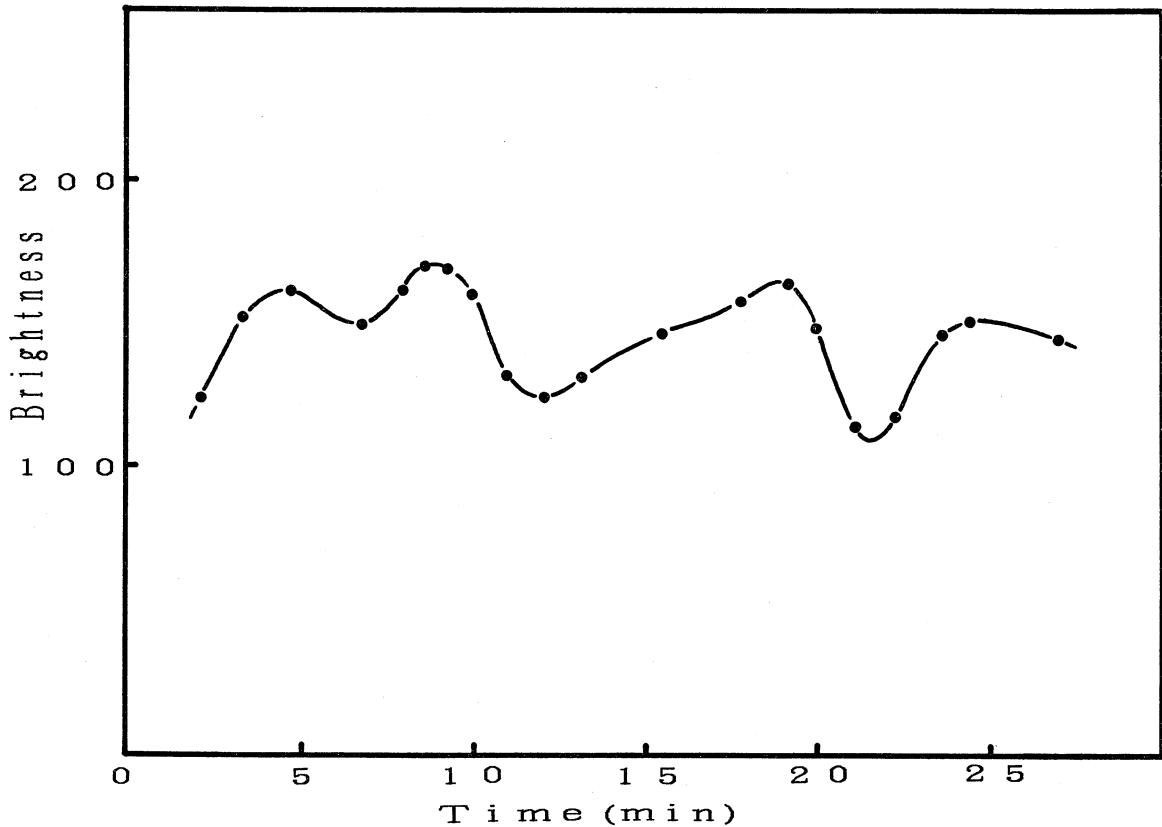


図9：逆フーリエ変換像上の1ピクセルの輝度の時間変化。このデータの1次元フーリエ変換により、5分振動などの時間振動数が同定される

この時系列データに一次元フーリエ変換を施し時間振動数に対応するパワースペクトルを求めると周期5分を中心として種々の周期の振動モードが見いだされる。⁽¹⁸⁾

第4章 お わ り に

現在のコンピュータはユニヴァーサルチューリングマシンの概念を実現したものである。アルゴリズムに基づいて与えられた命令群を用いて行われる処理は完璧に実行される。これはゲーデルの完全性定理の証明であるともいえる。ただし現在のコンピュータで用いられる命令は時間発展の要素を持たない固定的空間的なものであるために、自己参照的である生命が持っているような創造性は全くないのである。このことは例えば、現実の問題の中に現在の法の条文だけでは判断出来ない事柄が生起したり、環境問題のように現在の経済原理だけでは説明出来ない事柄があることと同次元である。このような公理系に含まれないことを導入しなければ説明しきれないことが必ずあるということがゲーデルの不完全性定理であり、物事の時間発展ひいては存在の根拠であるといえる。

社会の高度情報化に伴い、大量の情報を受け身的受容の対象となることが懸念されるが、情

(18) K. koyama, S. Ohara, W. Unno; Science & Technology, No. 6, 1994

報が創造的に扱われるためには空間的情報の観点から「時」を考慮したダイナミカルな情報の視点への転換が必要であることは、上の議論からも明瞭である。

また今後コンピュータが創造性を持つ為には、時という資源を単に消費するだけでなく時を創生するシステムとならなければならない。その一つの出発点としては前述のモンテカルロシミュレーションでモデル化されているようなエネルギー（時間と相補的關係）の授受による時間発展を含む系の実現で、現在ニューロコンピュータなどで検討されているところである。

一方は自己参照性の導入により時間発展を実現するカオスの方向で、現在カオスを発生するLSIチップが開発されているが、これから創造性を生み出すまでには至っていない。

このようなシステムの実現とともに、時とは何かという哲学的探求が必要であり松下の云う「素朴な時間信仰」からの脱却が⁽¹⁹⁾目指されねばならない。

⁽²⁰⁾海野はリヤプノフ数=0（二つの状態間の距離が空間の中で時間変化に対し不変）の方向を時間と定義することを試みているが、カオスの判定条件でもあるリヤプノフ数と時間とのこのような関連付けは上述のような意味から極めて示唆的であると思われる。

謝 辞

本論文を纏めるに際し貴重な御忠告御指導を戴いた東京大学名誉教授の海野和三郎先生，広島大学教授の好村滋洋先生および共同研究者各位に謝意を表します。

Abstract

時の自己限定である「こと」の時系列的展開が情報である。時的マシンであるコンピュータによる時系列現象のシミュレーション情報に表現される「時」とその発展形態について論ずる。個人がその創造の自由を失わないような、情報の受容形態の検討が今後の重要な課題であり、空間的情報から時を含んだダイナミカルな情報の視点に転換して行くことがこの意味で重要である。

(19) 松下真一；「時間と宇宙の序説」，1980年，サイエンス社

(20) 海野和三郎；「時間の諸相」，朝日百科，No. 119，1993年