

マルチメディア情報の生命的分散協調モデル

米澤保雄*

*愛知技術短期大学電子工学科情報処理コース

自然界に存在する複雑適応系の典型である生命システムは、自然環境として存在する様々な種類の情報を処理し、統合する自然のマルチメディア情報処理モデルと言える。既に、多くのマルチメディア情報処理機構が提案されているが、本稿では本質的にマルチメディア情報を処理し、統合するモデルとして、従来のマルチメディア情報処理の型に捕らわれずに、生命的なマルチメディア情報処理機構を検討し、その枠組みとして「自然システム」に見られる複雑適応系としての自己組織化能力及びその基本性質を持つ創発性システムに言及する。

1. はじめに

マルチメディア情報処理は文字データ、イメージ等の画像データ、音声データなどの複合的なメディアを同時に処理する事で従来では得られなかった処理効果や出力データの効果性を向上させる技術と捉えられるが、各々のデータを効率良く処理する技術、並びに、それらを目的に沿って効果的に統合する技術の双方が必要である事は言う迄もない。その為、処理データのオブジェクト化、多重化された情報の圧縮やその出力系での様々な検討が成されている。しかし、我々自身をも含めた自然界に存在するシステムの多くは、自然界に発生する多様情報を、我々が持つシステム技術より極めて柔軟に、しかも、迅速に処理し、統合する機能を持つ。その典型であるのが生命システムであり、特に、高等動物をその頂点とする複雑適応系は高度なマルチメディア情報処理機構を持つ。本稿では、この高等動物としての生命システムに着目

して、マルチメディアの通信と分散処理のモデルとして検討する。

自然システムとしての生命システムを検討するに当たり、柔軟なシステム生成の為に、その方法論を人工生命研究で取られている手法である自然現象を生成する物理則にその基盤を置く事とした。すなわち、生命システムの基本を非線形非平衡な開放系と捉えて、その挙動を生成する「人工生命の生成原理」に沿ったシステム構築方法であるボトムアップ方式を基本とした。

さらに、複雑適応系としての生命システムの各情報処理機構である視覚、嗅覚、触覚、味覚情報処理の非線形応答性とその統合系の脳内でのモデル化を検討して、生体内での各情報通信、並びにの分散処理モデルの構築を検討する。我々を含む高等動物の生体情報処理は幾重にも重層された階層性のネットワーク構造の基に構築されていると考えられるが、各処理階層に非線形要素を含ませる事により、その各処理システムに柔軟性を与え、又、その非線形性を

持つサブシステム間の非線形性に基ずく協調的な相互作用によるサブシステム同志の自己組織化（引き込み現象）、自己組織化による大域のシステム形成をシステム設計の基本格子として生命的分散協調によるマルチメディア情報処理の可能性を検討し、その応用性に関して言及する。

2. 協調分散生命システムの枠組み

既に述べた様に、自然界に存在するシステムは自然界が生成する様々な環境情報を処理して、変化に富む多様な状態に適応する適応システムをその基本としている。即ち、自然のマルチメディア情報処理システムがそこに存在していると言える。この様な自然界に於ける適応システムは自然システム（Natural System）¹⁾と呼ばれ、適応による進化性を持つ²⁾。さらに、この自然システムの構成は自然界を形成する物理則と呼ばれる規則によってなされ、この規則の組み合わせによって高度な組織化が成されていると目される。そして、自然システムの中でも適応性に優れ、著しい進化性を持つものの典型が生命システムである。以上の様に、生命システムは高度な複雑適応系³⁾で在ると言え、マルチメディア情報の処理に必要とされる柔軟性を持つ多様性に適応可能な処理機構を内蔵するものである。生命システム研究への戦略は古くはサイバネテックス⁴⁾に始まり、バイオニック・デザイン⁵⁾の模倣型、現在では人工生命（Artificial Life）⁶⁾の様な生成原理型の方向が取られているが、本稿ではマルチメディア情報処理の為の生命システムの枠組みを検討する為の複雑適応系研究の方法論となりつつ在る人工生命的な方法論^{7, 8, 9, 10, 11)}に基ずく事とする。

2. 1 人工生命の生成原理

著者らは既に、「生命挙動の情報処理媒体での生成」である人工生命に関する基本

的な枠組みに関して研究を進めているが^{12, 13, 14)}、ここではマルチメディア情報処理モデルとしての人工生命モデルの枠組みに絞って言及する。先ず、生命挙動の基本となるコンセプトであるが、生命科学分野に於いても今だ決着のついていないのが現状であり、ここでは自然システムとしての生命システムの特徴を現す以下に示す物理過程をそのコンセプトとする。

[生命システムの概念]

- ① 非線形非平衡な開放系である。
- ② システムの階層構造中に非線形要素を含んだ非線形性を現す。
- ③ 非線形性に基ずく創発性を示す。
- ④ 創発性の表出による多様化挙動を示す
- ⑤ 非線形学習機能によるシステムの最適化を示す。
- ⑥ システムの最適化に伴う進化性を示す

以上6項目が生命システムの特徴を現す概念とされる、各項目は次の様に要約する事が出来る。

① 生命システムは非線形非平衡開放系

本概念は、生命システムを物理的に見た場合に与えられるエネルギー論的な視点で得られる定義である。生体システムだけで他の共存系を無視する様な特定の視点で見た場合には生体系は線形的で、しかも、常に平衡状態を保つ、閉鎖系の様に考えられるが、自然システムとしての生命系は常に多様に変化する非線形非平衡な系で在り、しかも、他の自然システムと相互作用を及ぼす開放系である。

② 階層構造への非線形要素の取り込み

非線形非平衡な開放系としての生命システムを構築する為には、自然システムが取るシステム構造である階層性の中に、非線形性の生成の為の非線形要素が含まれなければならない。¹⁵⁾

③ 創発性の発現

さらに、非線形要素を含む階層構造を取る生命システムは、その非線形要素の挙動によって情報の多様化現象を起こし、創発性 (Emergent Properties) と呼ばれる性質を発現する。この創発性とは、システムの面から、「階層構造中の或る階層の適切なシステム記述が上位層に於いて意味を成さない」と言う現象を起こす特性で在り、この特性はシステムを構成するシステム要素に独自の規定された機能が与えられて発現するのでは無く、システム要素間の相互的な作用によって機能が生み出される自己励起的な挙動を持つシステムに見られる性質である。¹⁶⁾

④ 創発性による情報の多様化現象

創発性がシステムの階層構造で発現する事は相互作用の複数の関係が出来上がる事を意味し、システム全体の取り得る構造は飛躍的に増大する。例えば、非線形要素としてカオティックな挙動を生成する方程式を採用したならば、カオスの初期値に鋭敏な軌道生成と言う多様化メカニズムが働き、創発性によって生成される多様化は増進されるのである。すなわち、最小の情報から最大の情報量を生み出す仕組みと考えると良い。¹⁷⁾

⑤ システムの最適化

創発性の発現によって生成される全てのシステムの内、その生存環境に最適な生命システムが具現化して増殖を保証される事となる訳であるが、この最適化機能は環境への適応度合い (Fitness) を元として行われる淘汰作用により実行されるのが生命システムが取っている戦略である。この創発性発現と最適化、増殖のサイクルの更新の結果として顕れるのが進化と呼ばれる挙動を形成する駆動力の重要な一つと目されている¹⁸⁾。

⑥ 最適化による進化性

最適化によって、生存環境に最も適応するシステムが淘汰作用で残された結果、その生命システムはその環境範囲に於いて増殖 (複製) が許される。さらに、環境の変化が続いて、多様化と淘汰により新たな最適化生命システムが生成され、世代後退を続けて行く事によって、初期の生命システムとは異なるシステムの構築が成されるという進化性を示す。[この進化性を中心に組み立てられたアルゴリズムが遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms) で、人工生命の進化性を与える基本として用いられている¹⁹⁾

この6項目の基本原則を用いて人工生命の生成を行う事が可能であるが、本稿ではさらに進んで、マルチメディア情報処理の為のモデル構築に係わる機構を導入する。すなわち、人工生命の骨格となる生命挙動生成原理に基づいた生命モデルは従来のBionicなシステム設計の多くがトップ・ダウン方式であるのに比べて、ボトム・アップ方式によって成される事が理解されてが、マルチメディア情報処理に必要な生命モデルを自律的 (Autonomous) に構築するに至る方法論に到達するには、未だ、そのアーキテクチャーの解明が成されていない。

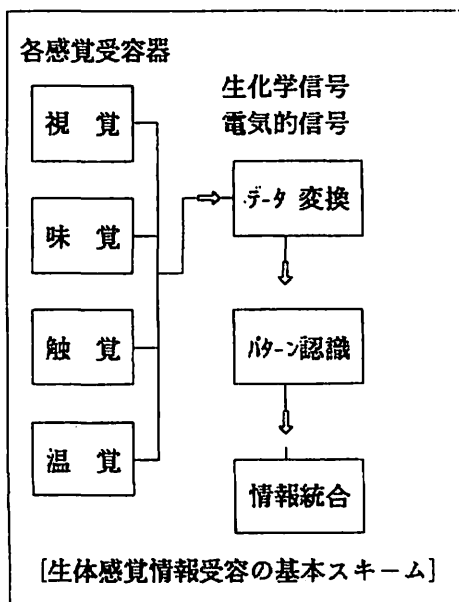
そこで、マルチメディア情報処理の機構モデル化を従来のトップ・ダウンで行い、その枠組みの中でボトム・アップ方式による機能発現を行う事とした。

2. 2 生命的マルチメディア情報処理

生命システム自身が極めて高度なセンサー・フュージョンによって様々な情報の知覚を行っている事から、生体情報処理のセンシング及びそれら情報の統合機構の基本的な枠組みはマルチメディア情報の処理機構としてトップ・ダウン設計の検討可能な対象システムと考えて良い。以下に、マルチメディア情報を対象としたモデルの検討を要約する。

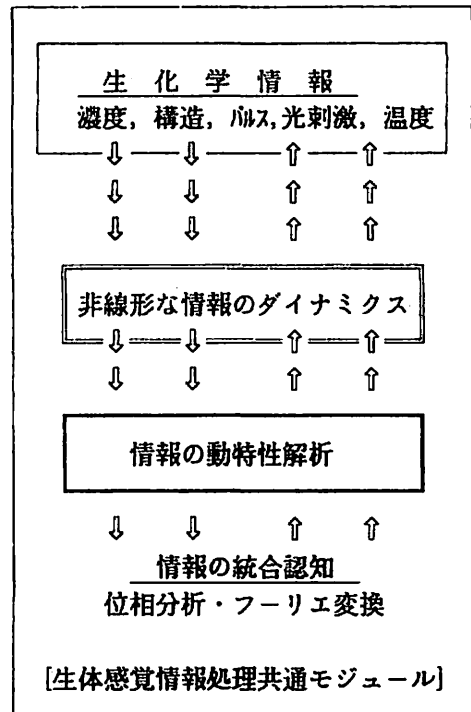
[トップ・ダウン・デザインに於ける情報処理の骨子となる機能]

マルチメディア情報の処理には、従来はその情報種に適切な固有の処理機構を与える事で成されて来たが、生命モデルでは実存の生物で触覚、温覚、嗅覚、視覚等に見られる様にセンシングのメカニズムは異なるが、その情報処理系である脳神経系は統合されている様に、センサー部分を除いて類似の機構が適応される。すなわち、マルチメディア情報のシステムへの入力部を除いて伝達及びその処理系はインタフェースを簡易に取れる様に同一方式で行われる事が要求される。その為には異種情報の構造の差異を変換して、均質なデータ構造として処理可能とする情報処理機構が前提とされる必要が在る。そこで、生物が環境の認識の為に用いている種々な感覚情報の共通性を持つ処理システムをモデル化する事とした。先ず、その基本スキームは以下の様に簡略化出来る。



ここで、各感覚受容器はマルチメディアにおける各情報種（画像、音、文字など）の入出力装置で在ると考えて、その差異は周装置の問題として解決可能である。

共通処理システムのモジュールとして重要な部分は生化学信号や直接的な電気信号の変換過程及びその認識処理としてのパターン認識に至る箇所であり、共通モジュールとして以下の様にモデル化出来る。



上記の基本機能モジュールは、生体情報処理に汎用的に用いられる情報の非線形ダイナミクス特性の判別処理をコンピュータ情報処理に取り込んだもので在り²⁰⁾、マルチメディア情報処理用の共通モジュールとしての機能が期待される。

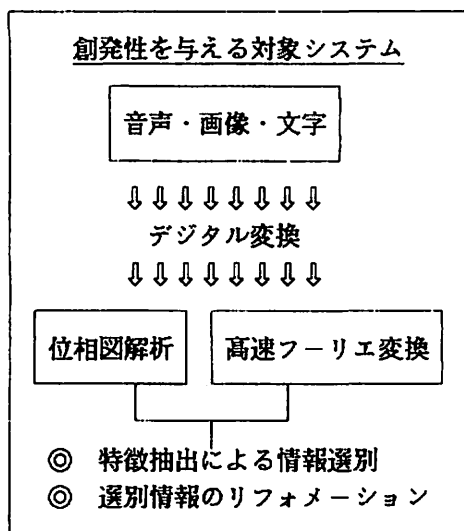
2. 3 生命的創発性マルチメディア情報処理モデル

既に述べた生命的マルチメディア情報処理の枠組みに自然システムの特長である創発性を与える事で、情報構造の変化による多様性に対応出来るシステムを次に検討する。この創発性の発現は「生命システム概念」で言及した様に、システムの階層構造中にサブシステムとして非線形要素を与える事で以下の様に実現される。

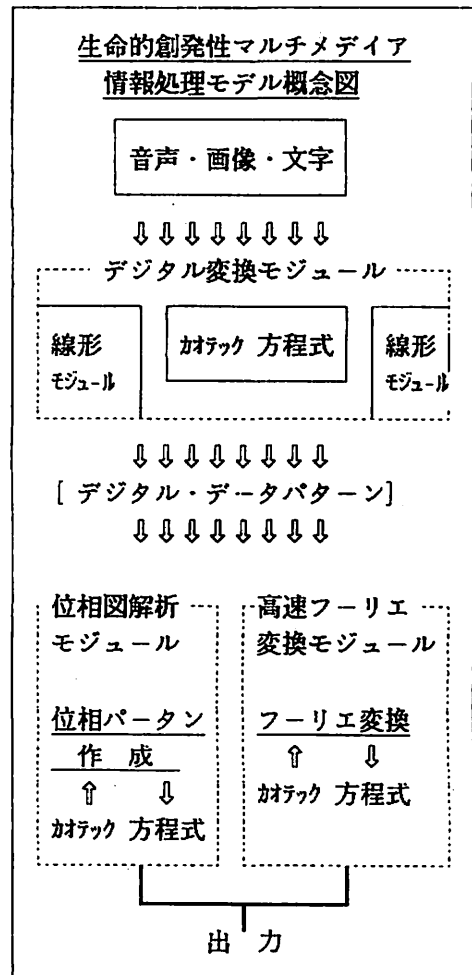
[生命的マルチメディア情報処理への
創発性のインプリメント]

生命的マルチメディア情報処理モデルは計測（入力又は通信）されるデータの非線形ダイナミクスをセンシングして、その位相分析やフーリエ変換を行うと言うトップダウン方式による設計でその枠組みが与えられる。しかし、この枠組みのみでは柔軟性の高い様々な環境変化に対応可能な処理機構そのものを進化させる様な生命システムを実現する事は困難である。つまり、このトップ・ダウン設計で与えられる処理機構のみでは生命の発生現象に見られる生体機構の自律分化による処理対象に適した処理機構の生成は達成されない。そこで、本質的な生命システムモデルとする為に、生命システムの柔軟性を与える主要な性質である創発性を本システムモデルに付加する必要性が生じる。既に、著者らは生命的創発性のシステムの検討を行い、システムへの創発性付与に関して、システムの階層構造中に非線形要素を介在させる事での創発性発現の可能性に関する知見を得ている²¹⁾。この知見に従って検討したマルチメディア情報処理の為の生命的創発性モデルを以下に示す。

[モデルの基本構想]



創発性を与えるシステムモデルは右下図に示した処理概要を持つ。このモデルに創発性を付与するにはデジタル変換部及び特徴抽出機能モジュールである位相図分析部並びに高速フーリエ処理部を構成するシステム構造に非線形要素を与える事で行われる。特に、本システムの様定機能の出力が期待されなければならない場合には、その非線形要素は安定軌道を取る事は要求される。よって、ここでは初期値に鋭敏ではあるが安定軌道を取り得る非線形要素としてカオティック挙動を生成するカオティック方程式を基本とするシステム要素を用いて以下の様にこれらの処理部を構築する事とした。



すなわち、デジタル変換モジュールに於ける変換感度、位相図作成に於ける位相差感度、高速フーリエ変換（FFT）に於ける変換感度の決定にカオテック方程式を用いる事でシステム全体に創発性を与え様とする考えである。入力データ毎に非線形性が与えられた場合には一定の処理が継続されずメディア情報処理として不適切となるので、データ入力毎にそのカオティックな差異を生成するのではなく、従来のデータとは異なったデータが入力されて来た時点で、その非線形性が発現される様に入力データに対応する選択機能が必要である。

この選択機能は、既に処理実績のある情報種の場合には非線形項で算出された最適な感度を与えられた項のみで処理が行われ、新たな情報種が入力された場合にのみ非線形項を持つカオテック方程式に情報が入力される事で実施出来る。ここで獲得した創発性とは非線形ダイナミクスの解析によるデータの特徴抽出の為のパラメータを最適化する効果を生み、新たな情報種の入力に対応する新たな情報処理の実行が可能となる。よって、この生命的創発性マルチメディア情報処理モデルによって次項で述べる事が期待される。

3. 生命的創発性マルチメディア情報処理モデルの理論的適応性

生命的なマルチメディア情報処理モデルは非線形要素を与えて生じる創発性の為に情報処理の柔軟性を獲得し、その結果として適応機能を持つ事となる。

① マルチメディア情報を各々別々のラインによって、又はデータ定義をデータ毎に行って通信する必要が無く、単一のラインの混合系での通信処理が可能となる（保存媒体、通信媒体での規約化処理が低減される）。

② データの構造を一定の基準の上に汎用的なものとして定義し、一様化する事無く、扱える。（様々な種類の装置から出力されるデータの構造特性を考慮した処理の必要が低減される）

すなわち、概略的にはマルチメディアの処理に於いて特に大きな足かせとなっている、データ・コード、データ構造、データ精度などの基準作りと、その基準に沿った均質なデータへの変換処理などが軽減される事が期待されるのである。

マルチメディア情報処理 の問題点と解決

- ① 各々のメディア情報として最適な効果を挙げる為に生じるデータの差異（データのコード、構造、精度など）を単一のマシーン（処理装置）で統合処理する為に、規格化する必要が在る。
- ② 規格に沿ったデータの作成は上述の各メディア情報処理機器の最適化を低下させる恐れを生じさせ、又、さらに再生時に最適化する負荷を与える危険が在る。

V S

- ① 生命的創発性マルチメディア情報処理モデルでは、各入力装置の最適データを取り込む事が可能であるので、規格化作業は低減される
- ② さらに、統合出力は生命的創発性マルチメディア情報処理モデルの動作する装置で最適に実施する為の処理が可能であるので、個別の最適性を得る事が出来る。

以上挙げた本システムモデルの効果に係わる項目の各々は以下に述べる処理によってあらわれる。

3. 1 マルチメディア情報の特徴化

マルチメディア情報は各メディア効果を上げる為に各メディア装置に最適化されている事が望まれる、すなわち、各メディア効果を最大限にする為の各メディア装置にユニークな特徴化されたデータが最適化データで在り、規格化された標準データではない特徴化データが重要であろう。そして、これら特徴化データのデジタル化されたものは、そのメディアに特有のパターンを示す事になる。さらに、各メディア情報を多重化したマルチ情報の同一媒体上での混在は非線形性を持つ事となる。本システムモデルはこの様な非線形性を示すマルチメディア情報から、そのダイナミクスを用いて情報を抽出する事を基本としており、マルチメディア情報の規格化を排し、特徴化を推進するものである。さらに、入力又は伝送されて来たマルチメディア情報の再生時に於いて、再生する機器に於いて最適化される事はメディア効果を向上させる為に必要であり、ここでは、出力に於ける最適化と言う特徴化を行う事が成される。すなわち、本システムへの入出力に於ける最適化の実行による特徴化を柔軟に処理可能である。

本論文ではマルチメディア情報処理に係わる処理方式やその為の機器を或る一定の規格化や標準化で促進するのでは無く、マルチメディア情報処理の本質である情報の多様化を前提としてその為の最適化を図ろうとするもので在り、その基本戦略を取って延々と進化して来た生命システムをモデルとしようとしている。その為、システムの最適化はそのシステムが存在する環境での最適化を意味し、グローバルな視点から見た環境毎の特徴化を推進しようとの考え

がその根底に在る。

3. 2 マルチメディア情報の統合化

以上、言及して来た様に生命的創発性マルチメディア情報処理モデルは、極めて簡単な処理モジュールによって処理システムの多様化を実現可能であり、しかも、標準化や規格化によるマルチメディア情報処理の効果性低下を被る事なく最大限の効果性を引き出すべく最適化処理を行う。

次の課題はマルチメディア情報を構成する各メディア情報の統合化の問題である。

最適化された各メディア情報が統合されて初めてマルチメディア情報としての効果性を発揮するわけであり、この統合化に関する取組こそが最適なマルチメディア情報処理実現の要点であろう。ここでも、生命的創発性マルチメディア情報処理モデルは大きな効果が次の項目から期待される。

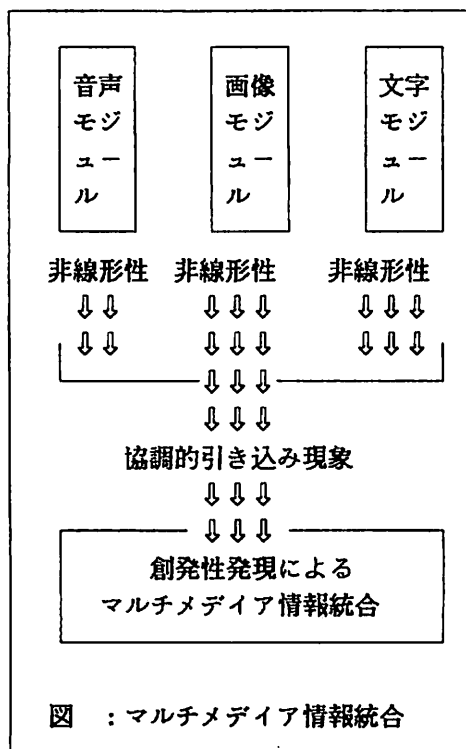
[生命的創発性マルチメディア情報処理モデルの統合化性能]

- ① システムの多様性を持つ本モデルの基本は、全て同じで在り、その意味でインタフェースを取る事が容易である。
- ② 各マルチメディア情報処理システムは非線形要素を含んで非線形性を示す、この非線形性を持つ各システム間での引き込み現象による分散協調機能が期待される。
- ③ 分散協調機能は、さらに大域的な創発性を生成可能であり、この大域的創発性によってマルチメディア情報の統合化機構の実現が期待される。

[バーチャル・リアリティーの基礎技術として有効]

すなわち、自律的自己組織化による分散協調機能の実現、そして、この機能による

各マルチメディア情報の利用者(ユーザ)で在る我々生物にそくした統合情報としての提供が期待出来るものである。



以上述べた様に、本稿で提案する生命的創発性マルチメディア情報処理モデルは生命モデルに見られる共通素子を基本として多様性をその機構とした適応機能を持ち、創発性を付加する事により協調的引き込みに基づく情報統合と言う新たな機能を持つ事が可能である。特に、従来の様に種々なマルチメディア処理装置にを共通化してその親和性を高める膨大な努力を費やす事無く、各機器装置の最大機能化を図ると言う方法論を用いる事が出来る利点は極めて高いポテンシャルを持つものとして期待出来る。現在、UNIXワークステーション上で作成した本システムのプロトタイプで検証実験中であるが、今後、実際に於けるアプリ化を実施する計画である。

謝辞：

本研究の実施に当たり、生体情報処理における発生アルゴリズムの重要性に関する議論から有益なアイデア抽出の場を与えて下さった(株)富士通研究所・国際社会情報学研究所の土居洋文博士、生体モデルがマルチメディア情報処理モデルに適している発想のきっかけと興味を向けさせて下さった著者の同僚でもある小嶋隆一助教授、著者を共同研究者として迎え入れ非線形挙動への広範囲な適応を示唆して下さいている名古屋大学大学院人間情報学研究所の吉川研一教授並びに吉川研一の院生諸氏に感謝の意を表します。

参考文献：

- 1] Nadel, L & Stein, D.L., eds., 「Lectures in Complex Systems」 Addison-Wesely Publishing Company, Redwood City (1991)
- 2] Kauffman, S.A, 「Antichaos and Adaptation」, Scientific American, August, (1991)
- 3] Ruthen Rusell, 「Adapting to Complexity」, Scientific American, Janaury (1993).
- 4] ノーバート・ウインナー(池原他訳) 「サイバネテックスー動物と機械に於ける制御と通信」岩波書店 (1962)
- 5] 杉田元宣: 「バイオニクスと生命論」 学会出版センター (1979)
- 6] Langton, C.G., Artificial Life II, Adisson-Wesley, 1992
- 7] 米澤保雄 「人工生命ーサイバー・ライフシステム I, 生命のアルゴリズム」 Computer Today, 5月号 (1993)

- 8] 米澤保雄「人工生命 -サイバー・ライフシステムⅡ, 生命のアルゴリズム」Computer Today, 7月号(1993)
- 9] 米澤保雄「人工生命 -コンピュータに宿る生命」bit, July, 1993/Vol25, No7 pp 15-25
- 10] S.Forest, "Emergent computation" MIT Press (1990)
- 11] 米澤保雄「人工生命: その基本的枠組みとその応用性」, 電子通信学会学生会誌, 25号(1994) in Press
- 12] Yasuo Yonezawa, "Enzymatic System Models for Self-Regulation" Proceedings of "Forth International Symposium on Micro Machine and uman Science, pp217-224(1993)
- 13] 米澤保雄「生命的創発性情報処理」知識のリフォーメーション・シンポジウム, プロシーディング, 情報処理学会(1993) in Press.
- 14] 米澤保雄「発生アルゴリズム」信学技報NLP-93(1993).
- 15] Yo Kato, Satoshi Nakata, Yasuo Yonezawa, Kenichi Yoshikawa, "Non-Linear Dynamics in Semiconductor exposed to Gas Species: Chemical Sencing and Chaos" Elsevier Press(1993) in Press.
- 15] Yasuo Yonezawa "Preliminary Study of Learning System with Self-Excitable Cellular Automaton" Proceedings of The Seventh TOYOTA Conference "Toward the Harnessing of Chaos" Elsevier Press(1993) in Press.
- 17] G.Nicolis & I.Prigodine, "Exploring Complexity: An Introduction" W.H.Freeman and Company(1989).
- 18] Kauffman.S.A, "Origin of Order"Self-Organization and Selection in Evolution", Oxford University Press (1992).
- 19] 米澤保雄「遺伝的アルゴリズム: 進化理論の情報科学」森北出版刊(1993) in press.
- 20] 米澤保雄「味覚センシング・システム構築の基本的枠組み」, FFI Journal, 160号, (1994), in press.
- 21] Yasuo Yonezawa, "Stochastic System complexity of Genetic System as Emergent structure" Proceeding of Stochastic System Symposium(1993) in press.