

複雑性適応系の為の遺伝的アルゴリズム拡張による発生のアルゴリズム

Generative Algorithms with the extended genetic algorithms
for Complexes system

米澤 保雄*

Yasuo Yonezawa

愛知技術短期大学電子工学科情報処理コース

Department of Information Science, Aichi College of Technology

* 日本工業技術振興協会「遺伝的アルゴリズム研究委員会」客員

and

名古屋大学大学院人間情報学研究科物質情報講座

Laboratory of Materials Informatics,

Graduate School of Human Informatics, Nagoya University

要 旨

自然界に存在する様々な組織・システムは構造的には高度な階層性を持ち、又、機能的にはシステムの下位記述による上位記述性困難な創発性を持つ事によって、その自律分散機能を達成している様に見られる。

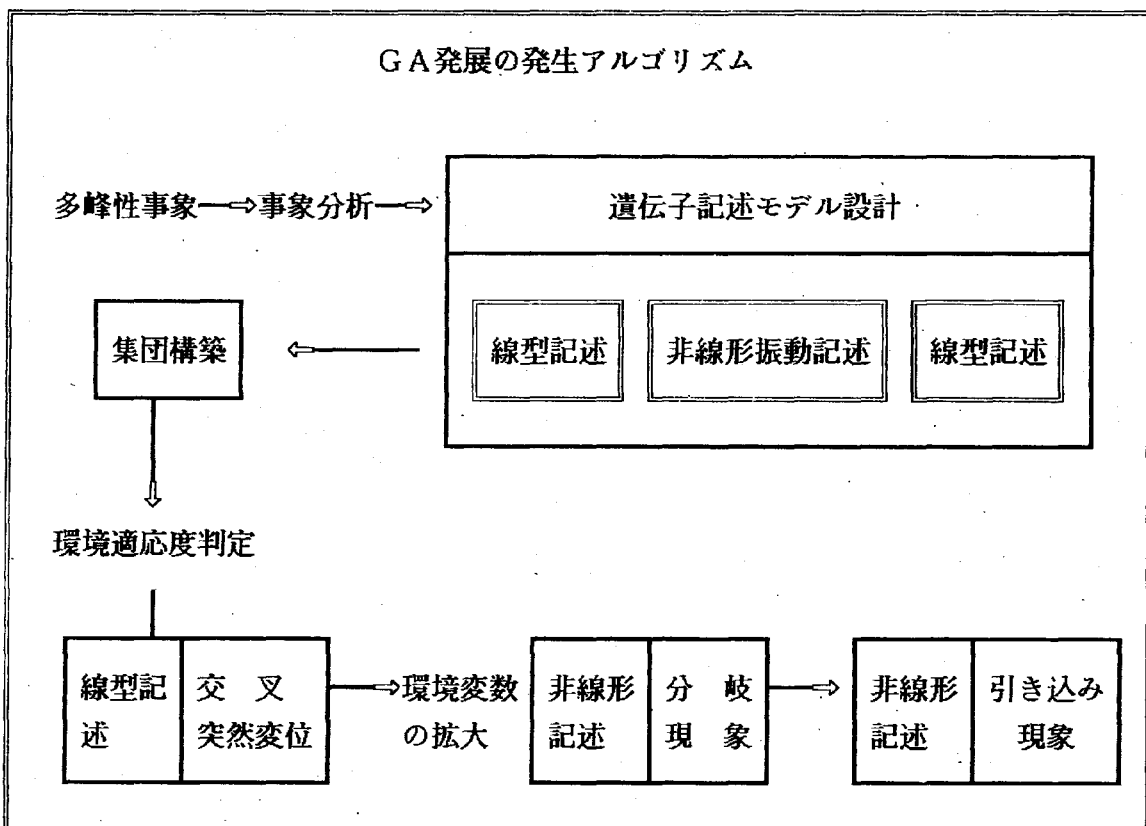
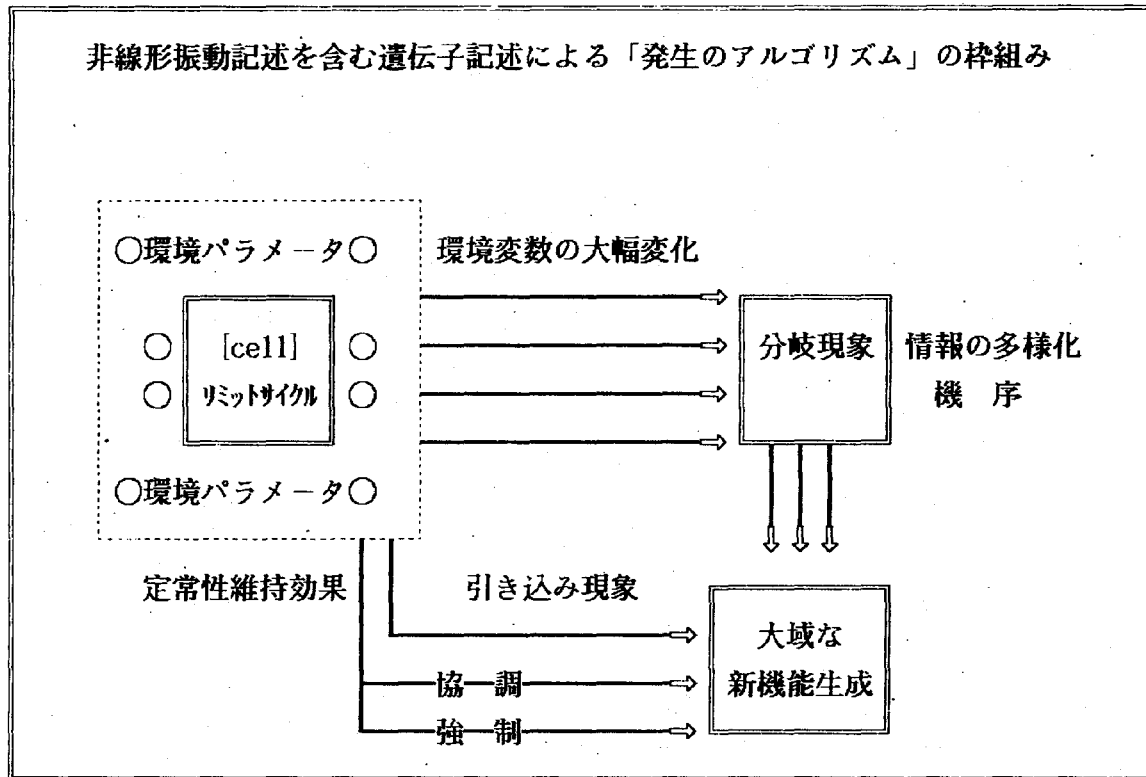
自然システムの中でも特に特徴的である生命システムは、そのシステム記述を遺伝子によっており、その情報モデルとして「遺伝的アルゴリズム」が知られているが、このアルゴリズムでは自然システムの本質を形成するのに必須である創発性を実現する事が困難であり、その為、適応事象の内部構造に複雑な階層構造を持つ様な場合には、適切な解取得が出来ない。本研究は、内部構造が複雑な階層性を持つ場合にも対処可能であり、又、創発性を生成する為のシステム記述を非線形の立場に置いた発生のアルゴリズムを試行するものであり、複雑適応システム構築の基礎的内容である。即ち、遺伝的アルゴリズムに於ける遺伝子記述に非線形要素を含ませる事による創発性の生成に係わる。各生物の持つ遺伝子記述に含ませた非線形要素であるリミットサイクルによる情報の多様化とそのリミットサイクル間の相互的又は強制的な引き込み現象に伴う大域な意味での新たな情報生成で行われる創発性に基づく生命的な発生のアルゴリズムを提案する。

1. はじめに

自然界に於ける様々なシステムは多種多様な環境要因によって形成される極めて多くの変化に富む環境に適時に適応しているシステムで在り、又、そのシステムは単純な物理則に支配されてはいるが複雑な構造や挙動を示す、まさに、複雑適応系 [Complex adaptive system] と呼ばれるものである。この様な多峰性を持つ事象の最適化手法としては現在では遺伝的アルゴリズム（以下、GAと略す）¹⁾が知られるが、このアルゴリズムは生物固体レベルに於ける遺伝子記述を基盤とした生物集団系での最適化には適するが、生物固体内に由来する様な事象には適応困難である。これは、GAの構成要素である生物固体を表現する遺伝子記述の線型性に由来すると考えられ、生命的な発生機能を持たせた遺伝的アルゴリズムに拡張する事はこの適応困難性を回避する方策の一つと考えられる。²⁾そこで生命リズムを形成する物理則と目されるリミットサイクル及びその引き込み現象を用いて生命的な発生現象にアナロジーを持つアルゴリズムを遺伝的アルゴリズムを拡張した発生のアルゴリズムとして検討した。

2. 発生のアルゴリズムの枠組み

GA拡張の発生のアルゴリズムの外郭的な処理フローはGAに準ずるが、その特徴は遺伝子記述に由来する。即ち、従来のGAに於ける遺伝子記述が生物固体の特性を各機能レベルに分解した形で記号化し、その記号列を持って行われるのに対して、発生のアルゴリズムではその記号列内に非線形要素としてのリミットサイクル（非線形振動）記述を含ませる。この場合、リミットサイクルは生物リズムの生成と同じく、非平衡構造として物質やエネルギーが絶えず流入し散逸する系で現れる振動として定義される。さらに、この様な非平衡状態で安定に存在する系に於いて、系の環境変数の変化の増大によってその限界点を越えた時点で分岐現象が起こる事は良く知られるところであり、この分岐現象が情報の多様化機策としての可能性を持つ。そして、この様な非線形振動記述によって生じる非線形性は相互作用による同調を起こす場合が在り、これは引き込み現象として知られる。この引き込み現象には調和引き込みと強制引き込みの二つが知られ、システムの大域的な新たな機能の出現に寄与する事が見込まれる。この様に、リミットサイクル記述をGAの遺伝子記述（記号列）に含ませる事により記述自身のローバスト性を確保すると同時に、生物固体の生存環境の変化に基ずいた分岐現象による記述自身の変化の生成、さらには、これらの引き込みによる大域的新規情報の生成の枠組みが与え様とするものが本発生のアルゴリズムである。



3. 「発生のアルゴリズム」の創発性の効果^{3, 4, 5)}

本提案のアルゴリズムは遺伝子記述の個々の発現が相互作用する事を前提としたもので在り、その意味で創発性を示す。 先ず、システム記述の点からはシステムの階層構造に於いて「下位層での適切なシステム記述がその上位層でのシステムの適切な記述として扱われない」と言う記述上の創発性を示し、又、これは各システムの構成要素間の単純な機能間での相互的な干渉・作用による複雑な機能の生成と言う創発計算 (Emergent Computation) を基盤として現れる創発性挙動によって具現化する。

これは、非線形振動記述が線型的な遺伝子記述に含まれる事によって、線型的なシステム要素間の相互作用による機能発現を定方向に向ける事が可能な事、そして、その生存環境の環境変数に適応する事が通常のGA (交叉、突然変位など) で対処不能となった時点で、非線形振動記述をトリガーとして生じる分岐現象によるシステム記述自身の変更に伴う環境適応記述への変化、さらにこの結果で生じる新たなシステム記述間の相互作用による創発性発現、及びこれらの大域的な引き込みによる新たな機能システム層の生成へと効果する。

即ち、本「発生のアルゴリズム」は非線形振動記述を基盤として創発性をシステムの基本性質を創発性とするものである。 創発性はシステム記述 (System description) 問題として、線型記述な中だけで生成可能では在るが、非線形振動記述を取り込む事で生命的な創発性を付与する事となり、生命的な発生現象にアナロジーを持つ「発生のアルゴリズム」として構築する事派が可能である。

本報告の詳細な実証データなどは既に論文投稿中であるが、本報告は「発生のアルゴリズム」の総括をする為にまとめたものであり、現在、本アルゴリズムを用いたアプリケーション作成の検討中である。

謝辞:

本報告をまとめるに当たり、筆者を共同研究者として迎え入れて頂いている名古屋大学大学院人間情報研究科の吉川研一教授並びに院生諸氏から多くの示唆を受けた、ここに記して感謝の意を表したい。 又、「発生のアルゴリズム」の数理生物からの重要性をL-システムの議論の中で示して下さいました(株)富士通研究所・国際情報社会研究所の土居洋文博士に感謝致します。

文献

- 1] 米澤保雄著, 「遺伝的アルゴリズム」, 森北出版刊, 1993.
- 2] 米澤保雄, 「発生のアルゴリズム」, 信学技報, NLP-93-1, pp1 ~8(1993)
- 3] Magome, Yonezawa, Yoshikawa, "Self-Excitable Molecular-system towards the Development of Neuro-Computer, Intelligent Sensor "Proceeding of ECAL'93" (1993)

- 4] Y.Yonezawa, "Enzyme system for Self-Regulation" Proceeding of MHS'93
- 5] Y.Yonezawa, "Preliminary study of Learning system with self-Excitable Cellular Automata", Proceedings of "the Seventh TOYOTA Conference: TOWARDS THE HARNESSING OF CHAOS", 1993.

その他参考

- ① 米澤保雄, 「ECAL'93 & WAL'91会議報告」, 人工知能学会誌, 1994 年1 月号
- ② 米澤保雄, 「生命的創発性情報処理: 基本的枠組みの検討」, 知識のリフォーメーション・シンポジウム論文集 (1993)