

## 人工生命生成原理とコンピュータウイルス

— What is life:物理過程, 情報, 生命 —

米澤 保雄

愛知技術短期大学電子工学科情報処理コース

「生命とは何か」と言う課題は科学の歴史が始まって以来の基本的課題であるが、この疑問への挑戦方法としての人工生命研究とその生成原理について言及し、生命の最も単純なモデルとされるウイルスを模倣したコンピュータ・ウイルスを対象に人工生命の基本型を検討した。すなわち、自己増殖性、自律分散性、自己複製性、環境適応性と言う生命的挙動を現す統一原理をコンピュータ・ウイルスを雛形として検討し、人工生命としてのコンピュータ・ウイルスを駆動する原理としての非線形システムをモデル化した。

## Generative principal of Artificial life and Computer virus

— What is life:Physical Process, Information, Life —

Yasuo Yonezawa

Department of Information Science, Aichi College of Technology

Manori, Nishi-Hazama-cyo, Gamagori-city, Aichi-pre, 443, Japan

What a computer virus is and why it is life models is discussed. Artificial Life as methods for researching the presence of a natural life systems is presented. This principal would be applicable even if the virus had caused the system to life-like behaviors. This principal is flexible enough to avoid conflict with the generation of artificial life indicate on life-like behavior's.

はじめに:

生命的システムへの探究はサイバネティクスの時代より現代にまで続く大きな流れであり、バイオニクスデザイン、パーセプトロン、ニューラルネットワークと言う様にその時代時代に対応した方法論の上で開花して来ている。近年ではコンピュータの高度化を背景とした自然システムのシミュレーションの実現によって、人工生命(Artificial life)と呼ばれる研究が活発化して来ている。この人工生命<sup>1,2</sup>とは「生命的挙動のコンピュータなどを中心とする人工的情報処理媒体及びその周辺装置による生成」に係わる研究であり、生命的挙動生成のメカニズム解明とそのシステム工学的取り込みに期待される。本稿ではこの人工生命生成の汎用的原理に言及すると共に、分子生物学や遺伝子科学分野などの生命科学で重要な役割を果たして来た生命システムの基本モデルとして扱われてきたウイルスの模倣に始まるコンピュータ・ウイルスを実例として生命的な挙動を生成する為の情報処理の枠組みに関して報告する。コンピュータ・ウイルスは周知の通り、第三者のプログラムやデータベースに対して意図的に何らかの被害を及ぼすと言う所業で一躍悪名を馳せたプログラムであるが、実在のウイルスとの共通点として①自己感染機能、②潜伏期間、③発病機能などの機能の一つ以上を持つ。これらの機能性は生命的挙動によって発現されており、人工生命生成に共通する基盤の上に成り立つものと考えられる。生命的挙動生成の基盤を検討する上でコンピュータ・ウイルスを先ず検討する。

## 1. コンピュータ・ウイルスの共通する機能性

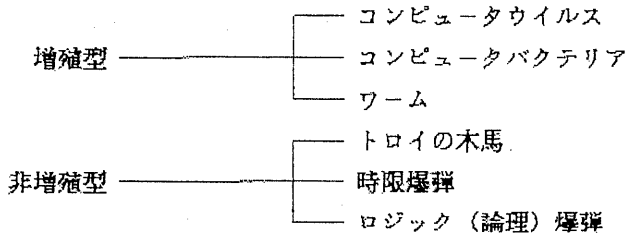
既に、発見され分析・解析されているコンピュータ・ウイルスは以下に示す5項目の共通機能を有する。

- ① 自己複製による増殖性を示す〔自己増殖機能〕。
- ② 自己増殖手段としてプログラム間伝染を行う〔感染機能〕。
- ③ ウイルス感染から発病に至るまでに特定期間を持つ〔潜伏機能〕
- ④ ウイルスは単独で存在せず、他のプログラムを修正して潜んでいる〔潜在機能〕
- ⑤ 被害を及ぼすなどユーザの意図しない動作をする事がある〔発病機能〕

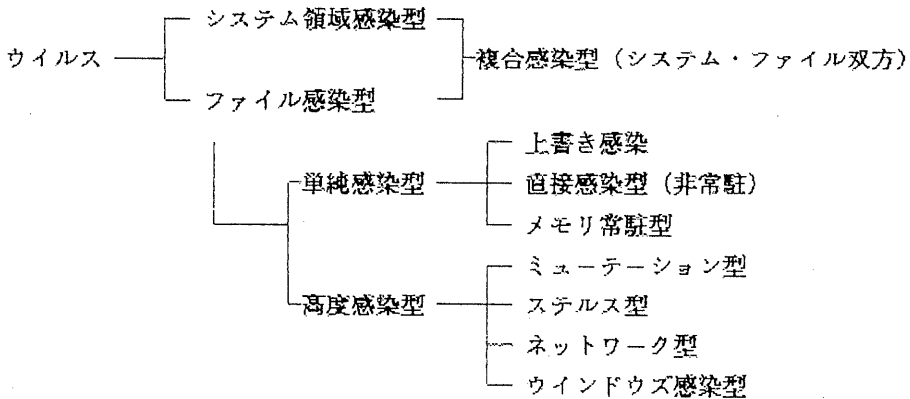
そして、これらの共通機能の上で感染、増殖を繰り返す事での環境適応機能を持ち、さらには、これらの積み重ねによる進化性と見なされる高度な機能を現す事が在る。まさに、実在のウイルスと同様の生命的挙動を示していると言える。しかし、このウイルスは「ヒトが意図的に作成したプログラム」であると言う自然ウイルスとは著しい違いが存在する。この事からコンピュータ・ウイルスに生命的挙動を与えるアルゴリズムが内存されている事は明らかであり、数多くのハッカー達のウイルス製造に対する努力がその目的を達成する為に必然的に生命的挙動を生成していると理解出来る。

又、これらの既存ウイルスは次の様に分類する事が可能である

( 増殖・非増殖による広義の分類 )



さらに、コンピュータ・ウイルスと呼ばれる範囲をより詳細に分類すると



ここでは、広義のウイルス範囲からコンピュータ・ウイルスに焦点を絞って機能の検討を進めることとする。上に挙げた単純感染及び高度感染の両方ともにプログラム複製を基本としているが、各々の感染機能は以下に示す通りである。

感染の手順〔上書き感染〕：複製先のオリジナルデータに上書きして感染する。

〔割り込感染〕：複製先の情報媒体の未使用部分を利用して感染する。

感染の方法〔単純感染〕：完全に同じ複製を繰り返す感染方法。

〔複雑感染〕：感染毎に異なるコード化を自己処理する方法

感染毎にプログラム構造を変化させる方法

以上の感染機能の内、人工生命の範疇に分類されるのは複雑感染を行うウイルスであり、自己複製とその複製時の変化によってユーザである我々に発見され排除される危険性を低減すると言う環境適応を実際することが出来る。

又、これらの複製増殖は実在のウイルスと同じく宿主依存性を持つものであり、コンピュータ内の他のプログラムが共存していないと増殖出来ない（複製出来ない）方式を取っており、先のコンピュータバクテリアの様な他のプログラムを利用せずに単独で増殖可能な独立プログラムではない。これらの事を前提としてこのコンピュータ・ウイルスを生成する共通原理に関して以降検討する。

## 2. コンピュータ・ウイルス機能生成の枠組み

前項で検討したウイルスの機能は簡単には次の二つの機能に集約される。

- ① 自己複製による増殖過程を実行可能である。  
(複製過程は感染コンピュータ内の他のプログラム依存である。)
- ② 増殖過程に於いてプログラムのコード又は構造、その双方共変化する事が可能である。

すなわち、自己増殖機能を持つと同時に、その増殖過程での多様性を発現出来る事がコンピュータウイルスの基本と言うことが出来る。

基本機能： 自己増殖 + 多様化
------------------

この基本図式が感染による増殖と言う、実在の生物での世代交代に当たる処理を実現して、その結果の積み重ねとして環境適応を達成していると言える。すなわち、コンピュータ・ウイルスとしての挙動を持つプログラムは以下の機能枠を持つものであると言える。

- (イ) 共存するプログラムを利用する事により自己複製が可能である。
- (ロ) 自己複製過程で同一機能を維持しながらプログラム構造並びにコードを変化してプログラムとしての多様化を果たす。

このコンピュータウイルスと自然システムとしてのウイルスの根本的な違いはコンピュータウイルスが人為的に作成されたプログラムであり、或る特定の目的を持ってトップダウン方式の下に設計されているのに比べて、自然ウイルスは自律的に構築されている事であろう。すなわち、システム構築の設計が従来のトップダウンであるか、自律性を持って行われるボトムアップであるかの大きな差異がある。

コンピュータ・ウイルス： トップ・ダウン設計
自然ウイルス                  : ボトム・アップ設計

この自然ウイルスに最も類似するコンピュータウイルスは先に上げた複雑複製を行う高度感染型である。このプログラムの基本となる理論は「セルラ・オートマトンの自己増殖理論：ジョン・フォン・ノイマン」であり、セルラ・オートマトンの遷移状態を変化させることによって自己複製を実施する。この時、コンピュータ・ウイルスでは遷移状態の変化を生む為に共存プログラムを利用するわけである。では、これを人工生命の雛形として見る事とする。

### 3. コンピュータウイルスに見る人工生命性

人工生命は先に述べた様に「人工的な情報処理媒体による生命的挙動の生成」であり、その意味でコンピュータ・ウイルスは立派な人工生命である。ただし、トップダウン設計かボトムアップ設計かと言うシステム構築の基本的な前提が異なるのである。既存のコンピュータウイルスは全て、感染する主宿であるコンピュータ環境を前提として設計され、そのために生存環境たる感染コンピュータは限られる。これが主宿を限定している原因となっているわけであるが、実在のウイルスではこれ程に主宿領域が狭いことはなく、多くの動物に感染可能であるが疾病を起こすか否かと言う複製増殖時の影響性が異なっている。さらに、ウイルスは風邪に代表される様に毎年に流行があり、感染毎の変化によって多様性を持つ。この様な主宿の広域性やウイルス自体の多様な変化は遺伝子と言うプログラム情報の組み合わせのみだけでは組み合わせ分の変化以上の適応性は発揮出来ずに多様性の上限を設定されてしまい、生命システムの最大の特徴である進化性を表出するには到らないことになる。では、どの様な原理が適応されればより生命的となり、人工生命として扱えるのであろうか。次に、生命システムの物理過程としての本質である非線形性に言及する。

#### 〔生命システムの非線形性〕

生命システムはあるゆる挙動に於いて非線形性を現し、ウイルスもその例外ではない。すなわち、ウイルスの感染の繰り返し（主宿による継代：世代交代）は非線形性を示すのである。ウイルスの遺伝子変化は主宿に依存した複製の結果として多様性を与えられてランダム性を持ち、その中で最も適切に主宿で複製する（複製効率が低い）ものがドミナントとなり、複製（増殖）の主力となり、さらに継代を続けると、さらなる変化が起こり、その時点の主宿に最適な遺伝子を持つものが（場合によっては、親ウイルスとは全く異なる）ドミナントとなって行く。そして、この様な変化の累積が進化を生むと言われているのである。この様なランダム性を生む物理過程は既に非線形物理で知られる非線形振動子によって容易に創出する事が可能である。すなわち、非線形振動子はその置かれた環境によって生命システムに必要なシステム特性を与える事が実施出来る。

以下に、非線形振動子によって与えられる生命特性を述べる。

リミットサイクル：非線形振動子の自己励起により生まれる振動サイクル  
本サイクルは初期値の微小な差異によらない定常出力を実現し、システムにロバスト性を与える。

引き込み現象：リミットサイクルの集団に於いて各リミットサイクル間での協調性によって協調（同調）したリミットサイクルに跨がる広域な新たなサイクルを生成する（或る意味での自己組織化機能の表出）。

カオスの出現：安定なリミットサイクルの存在環境が大幅に変化して、ロバスト性が損なわれ、ロバスト性による環境適応が不可能となるとリミットサイクルはカオス状態に移行して、カオス特性である「初期値に鋭敏な軌道の生成」を実施し、極めて大きな変化を与える。これは、システムに多様化を与えるものであり、この多様化した結果出力するシステムの内、その時の環境に適したものが安定域としてリミットサイクル化してシステムを固定する。  
この大きな変化は分岐現象と呼ばれ、生物の進化上良く見られるものである。

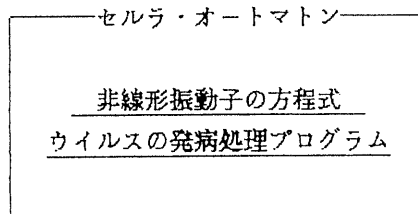
以上の物理過程を情報的に与えられたならば、本稿で検討して来たコンピュータウイルスの機能性を満足することが次の様に可能である。

- ① ウイルスの機能を維持した複製（リミットサイクルによるローバスト性）
- ② ウイルスの機能を維持した多様化（引き込みによる自己組織化）
- ③ 感染環境の大規模な変化への対応（カオス状態への遷移：分岐現象）

この様に、コンピュータウイルスを雛形とした人工生命を見た場合にはウイルスが単純な生命モデルであるがゆえに、人工生命生成原理を抽出するのに好適であり、非線形モデルとしてのコンピュータウイルスを考えられる。

〔非線形モデルとしてのコンピュータウイルス〕

コンピュータウイルスを非線形モデルで表すと上記で述べて来た様に以下の単純なモデルとして構築出来る。



以上の言及によって、コンピュータウイルスの特性を一義的に与える為の情報の枠組みが明らかとなったが、この事はとりも直さず人工生命の基本である生命的挙動の付与原理と同じである。特に、ウイルスの様な寄生性のプログラムが共存関係を保ちながら適応進化すると言うシステムの枠組みは、高度な自律分散システム実現の基盤であり、個々のウイルス様のプログラムの協調的な共生関係の樹立のメカニズムを知る為のモデルには好適であると言える。

本論文では、コンピュータウイルスの基本分析にのみ言及したが、現在ではこの考えに基づいて高度に柔軟な自律分散システム構築原理を模索中である。すなわち、協調関係による自己組織化と共生関係による個々は独立したシステムの合目的に従った大規模システムの構築はいかなるルールに従うのかと言うことである。

謝辞：本稿に係わる研究の実施において、名古屋大学大学院人間情報学研究科の吉川研一教授並びにATR研究所・進化学研究室の下原氏との議論が有益であった、此処に記して感謝の意を表したいと思います。

#### 参考文献

- 1) 米澤 保雄：「人工生命 一部分と全体の調和を目指して」CBI News, 1994, Vol 14, No1, pp6-8.
- 2) 米澤 保雄：「非線形・非平衡な開放系における生命挙動」, 物性研究, Vol.61, No1, pp53-65.
- 3) Eric.J.Lerner,:Computer virus thereatens to become epidemic, Aerospace America/February 1989, pp14-16.
- 4) Frank.G.F.Davis and Rex E.Gantenbein: Reconering form computer virus attack, The Journal of systems and software, Vol.7,1987, pp253-258.
- 5) Harold.J.Highland:VCHECKER-A Virus Search Program:Computer & Security, Vol.8,1989, pp669-674.