

画像劣化プロセスにおける人工生命理論についての考察

2E-9

神谷一隆 根尾秀一 趙玲 伊與田光宏
千葉工業大学

1. はじめに

人工生命（以下ALife）とは、自然生命系の仕組みを人工的な媒体に組み入れることにより、進化・発生・行動などの生命活動現象を作りだし、それらから得られた現象や情報を、新たな分野へ応用していこうとする技術である。現段階においては、実際の生命の動きをシミュレートしたり、従来の遺伝的アルゴリズムに組み込むなどといった方法が主に行われているだけであり、新しい試みは少ない。

2. 目的

筆者らは画像工学へALifeを用いてその有用性を考察することを目的とした。その第一段階として、画像の劣化現象に着目する。一般にアナログ写真などで微生物の影響による劣化現象は予測不可能である。創発的な概念が根底にあるALifeは予測不可能なシステムの構築に適しているとされている。よって同理論を劣化現象に用い、コンピュータ上に無秩序に発生する生命の影響によって劣化する画像を模擬的にシミュレートする。各種パラメータの推定にALifeを用いて、デジタル画像の模擬的な劣化現象を検証した。

3. 現象のモデル化

3.1 画像

本稿では、仮想的な個体群による特徴的な変化を追跡するため、扱う画像はデジタル画像である。従って個体の影響をうける最小単位は1画素であるから、仮想生命が影響を及ぼす最小単位も1画素となる。1画素あたりの変化を追跡し、特徴的な変化を原画像と比較検証するため2値画像を扱う。

個体を自然界の生命活動に近似させ、直接個体の影響を画像へ反映させる。そこで画像を個体群が活動する土地として定義する。この定義に従い、仮想環境を設定した。概念図を図1に示す。ALife Sheetは個体群が生息する空間である。この空間の土地として画像をImage Sheetとして設定する。個体群の行動範囲は、Image Sheet上の2次元平面と設定した。

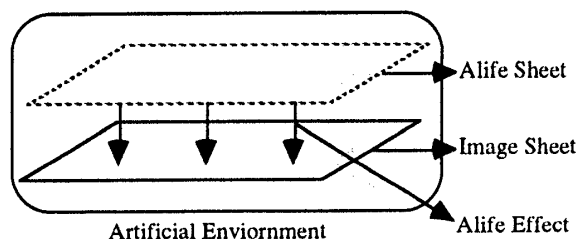


図1 本研究の人工環境

3.2 生命の定義

以前環境内に1種類の生命を発生させ調査を行った。しかし個体行動の安定状態が約100Step続くと画像の著しい劣化変化が見られなかった。この原因として行動ルールの単純さが、個体の安定状態を早く作り出してしまったことにある。そこで行動ルールを明確にし、より生命的な行動を実現するために環境内には2種類の生命群を存在させる。土地（画素情報）の変化は、EILの行動により起こす。EILへの行動選択を増やすためにPRSを設定する。PRSはEILの行動部及び土地作成部に感染し、EILの行動の収束性を抑えている。人工環境内に存在する生命の定義を表1に示す。

表1 環境内の生命の定義

EIL(画像上に影響を及ぼす個体群)
自分の居る土地（白or黒）と逆の方向へ進行 遺伝子コードに設定された土地（白or黒）を作成 PRSから逃避
PRS(EILへ影響を与える個体群)
EILに寄生し土地（白or黒）作成色を変化 EILを追跡

3.3 感染ルール

生命が相互に影響し合って存在することから、お互いの影響力を個体数の比率で表し、これを相互環境変数 β とする。この β により、PRSの寄生能力値 γ を以下のように設定する。

$$\beta = \frac{H}{P} \quad \gamma = \beta \sum \gamma_p(m)$$

相互環境変数 : β 寄生能力 : γ
 全体の生命数 : H 病原体個々の寄生能力 : γ_p
 全体の病原体数 : P 取り付いた病原体数 : m

寄生能力 γ が一定値以上に達しEILの影響範囲の中にPRSが存在したときに感染が起こる。感染されたEILはPRSに対する抗体ができる。

A study of deteriorated image process by Artificial Life

Kazutaka KAMIYA, Syuichi NEO, Chou LEI,

Mitsuhiro IYODA

Chiba Institute of Technology

3. 4 生命群の適応度

EILは、自分の決められた周囲を調査し、自分のいるところが遺伝子コードに設定された土地の割合が高いほど適応度が高くなる。PRSは影響力が届く範囲にEILが数多く存在するほど、適応能力が増す。以下にEILとPRSの適応能力の式を表す。

$$\text{EIL適応度評価式: } d_h = \frac{n + \sum b_i}{B_h}$$

取り付かれなかったステップ数 : n
 好みの土地 : b
 調査すべき好みの土地数 : i
 調査すべき土地範囲 : B_h

$$\text{PRS適応度評価式: } d_p = \frac{k + \sum h_i}{B_p}$$

取り付き回数 : k
 自分の回りにいる生命 : h
 調査すべき寄生可能生命数 : i
 調査すべき土地の範囲 : B_p

3. 5 劣化状態の定義

仮想生命体であるEILは、画像情報を1ドットづつ変化させている。従って画像劣化率の定義は、原画像と異なるドット情報の割合としている。ここで定義された画像劣化率100%とは、原画像の白黒反転を意味する。

4. シミュレーション及び結果

上記の設定に従い、今回想定した個体群による画像劣化シミュレーションを行った。EILが影響に及ぼす範囲を半径7ドットの円周領域で想定したため、画像への影響範囲は7×7×3.14となる。ここで
 個体数 = (EILの影響範囲/(120×160))
 を越えないように初期EIL数を発生させる。これは初期段階で画像への影響を覆い尽くすことをさけるためである。これに伴い、PRS数もEILと同数の個体数を発生させる。増殖率は、EIL数とPRS数の比率による可変的なパラメータであり、互いの影響力で増殖率も変化する。シミュレーション条件を表2に示す。

図2に劣化画像の生成過程を、図3にはEIL及びPRS全体の平均適応度を示す。図3のグラフを見ると、EILの適応度が約100Stepの段階まで激しく変化しているのがわかる。初期生物の発生条件がランダムな位置であるため、個々の適応度が安定していない。EILの初期の行動が不安定なためである。PRSは激しい適応度の変化が見られるが、約200Stepを越えた辺りになると、全体的な適応度の平均が上がってきている。PRSが徐々にEILを自分の感染領域に捕らえつつあることがこれで理解できる。

この一連の個体群の行動により、画像の劣化が2次元的に広がっているのが図2より見る事ができる。EILの生命的な振る舞いにより、画像上に模倣的な劣化現象が得られた。

表2 シミュレーション条件

対象画像	:	160×120(bitmap)
初期個体数	:	EIL 30
	:	PRS 30
交差条件確率	:	0.1
突然変異確率	:	0.001
増殖率	:	EIL 0.5
	:	PRS 0.5

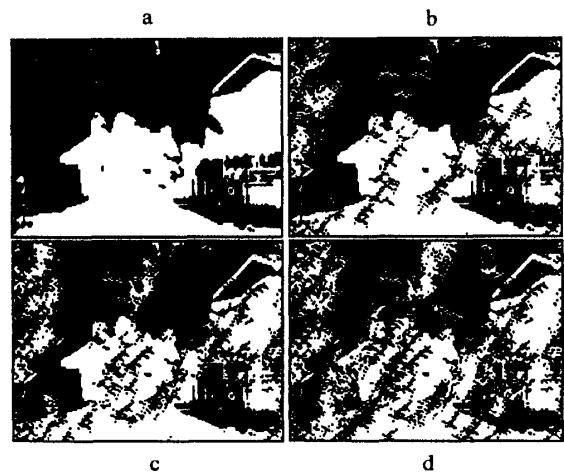


図2 劣化過程 (a:Original b:200Step c:300Step d:400Step)

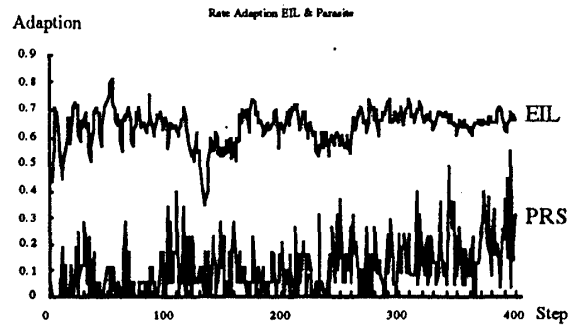


図3 EIL群及びPRS群の平均適応度

5. おわりに

本稿では、2種類の生命群を用いて、疑似的な生命による画像の劣化現象をシミュレートし、画像の劣化プロセスを追跡した。予測不能な画像劣化現象の実現にAlifeを用いたことで、模倣的な劣化画像が得られた。これにより、一つの画像工学への応用例として同理論の可能性が見いだせたと考えている。今後、さらなる劣化現象への考察を深め、将来的に同理論が画像の復元へと応用範囲を広めていくことを期待している。