

生体の動的過程における情報量解析

安 藤 浩 司

Analysis about Quantity of Information in Dynamic Process of Organism

Hiroshi ANDO

Abstract

The freshwater coelenterate Hydra has strong regeneration capacity. Hydra regenerates from aggregation of dissociated cells. In this regeneration, the dynamic process of cell selection, hole generation and form generation are visible. In order to analysis of this dynamic process, analysis about quantity of information in regeneration of aggregate of cells was performed using image processing.

Key words: Dynamic Process, Hydra, Quantity of Information

1. はじめに

再生力の強い生物として有名な腔腸動物ヒドらは、頭部や足部の再生を行うだけでなく、1個1個の細胞に解離してから再集合させた解離細胞集合体からも再生することができる。この解離細胞集合体からの自己組織化過程(再生過程)においては、様々な変化がみられる。形態形成過程では細胞選別、空洞形成、構造形成の3つの動的過程がみられ、更に神経網形成過程では神経細胞の幹細胞から神経細胞の分化、神経細胞の移動、神経網の形成等の動的過程がみられる。このどちらの過程においても細胞の移動や集合体全体としての動きの変化等の目で見える動的な過程が重要な役割を果たしている。

そこで本研究ではこの動的な過程を定量的に捉えることを目的とし、解離細胞集合体からの自己組織化過程の情報量の解析を行った。

2. 使用した解離細胞集合体データ

材料に用いたヒドらは、日本産チクビヒドラ(*Hydra magnipapillata*)の標準野生系統である105である。105の写真を図1に示す。

主として頭部(触手及び口丘)・腔腸部・足部からなる比較的簡単な構造を持つ。体の脇に見えるのは、出芽と呼ばれる自己増殖過程により形成された芽体(子供)である。

このヒドラを高浸透圧溶液中で機械的に解離させ、ナイロンメッシュを通して細胞懸濁液を作

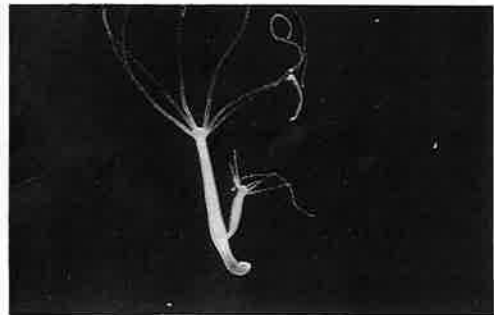


図1 チクビヒドラ (105)

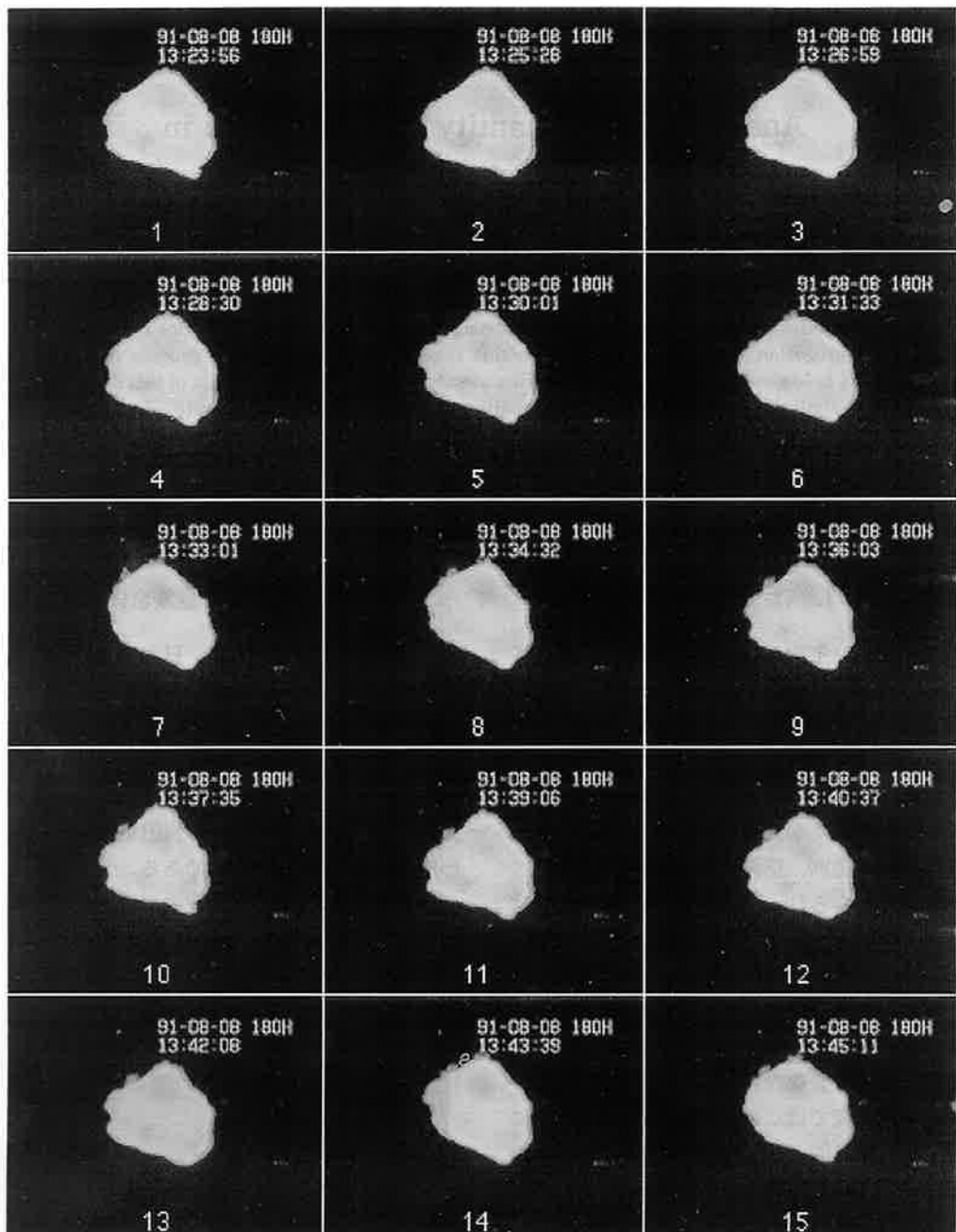


図2 ヒドラの解離細胞集合体の時間変化 (90 秒間隔)

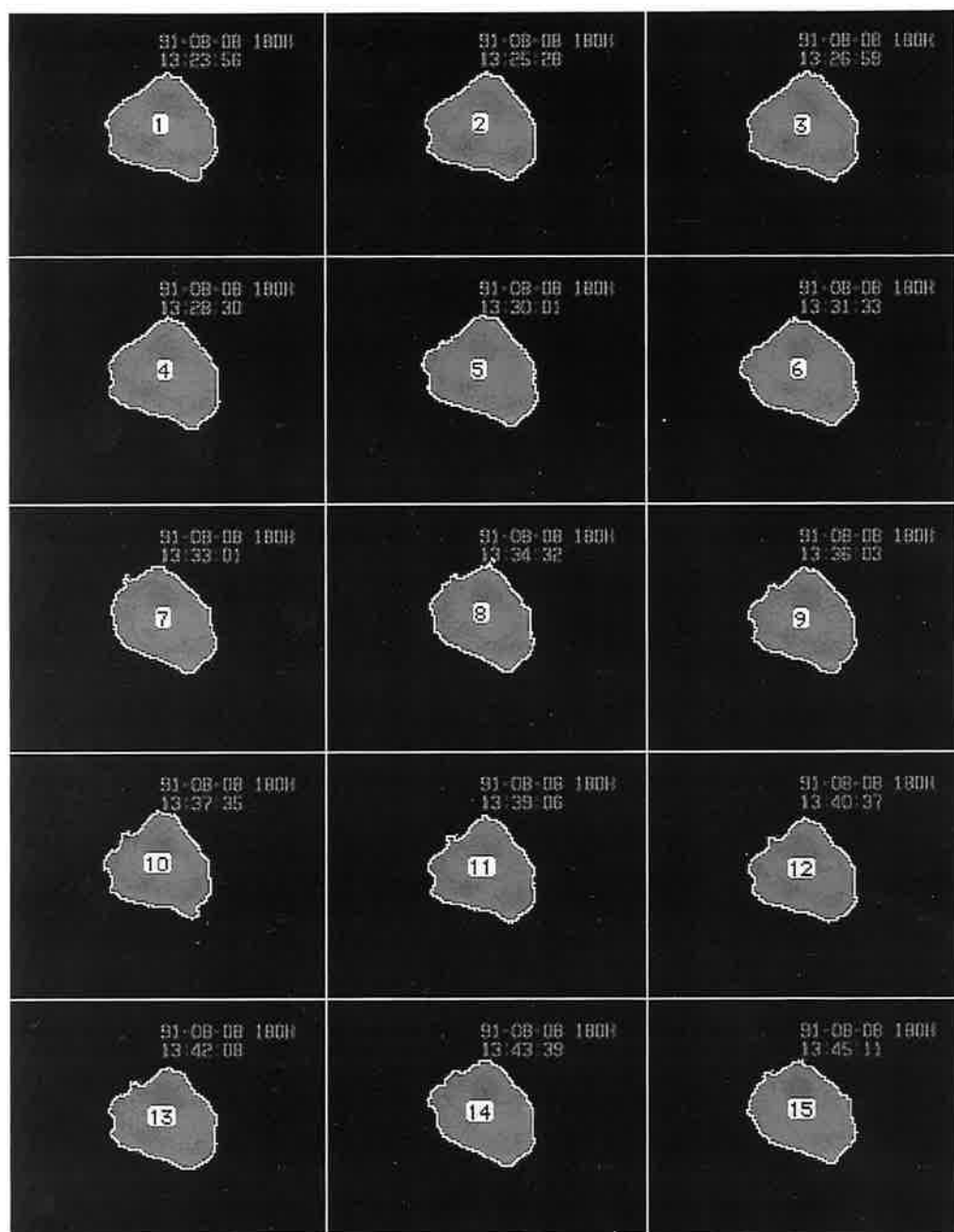


図3 解離細胞集合体の抽出

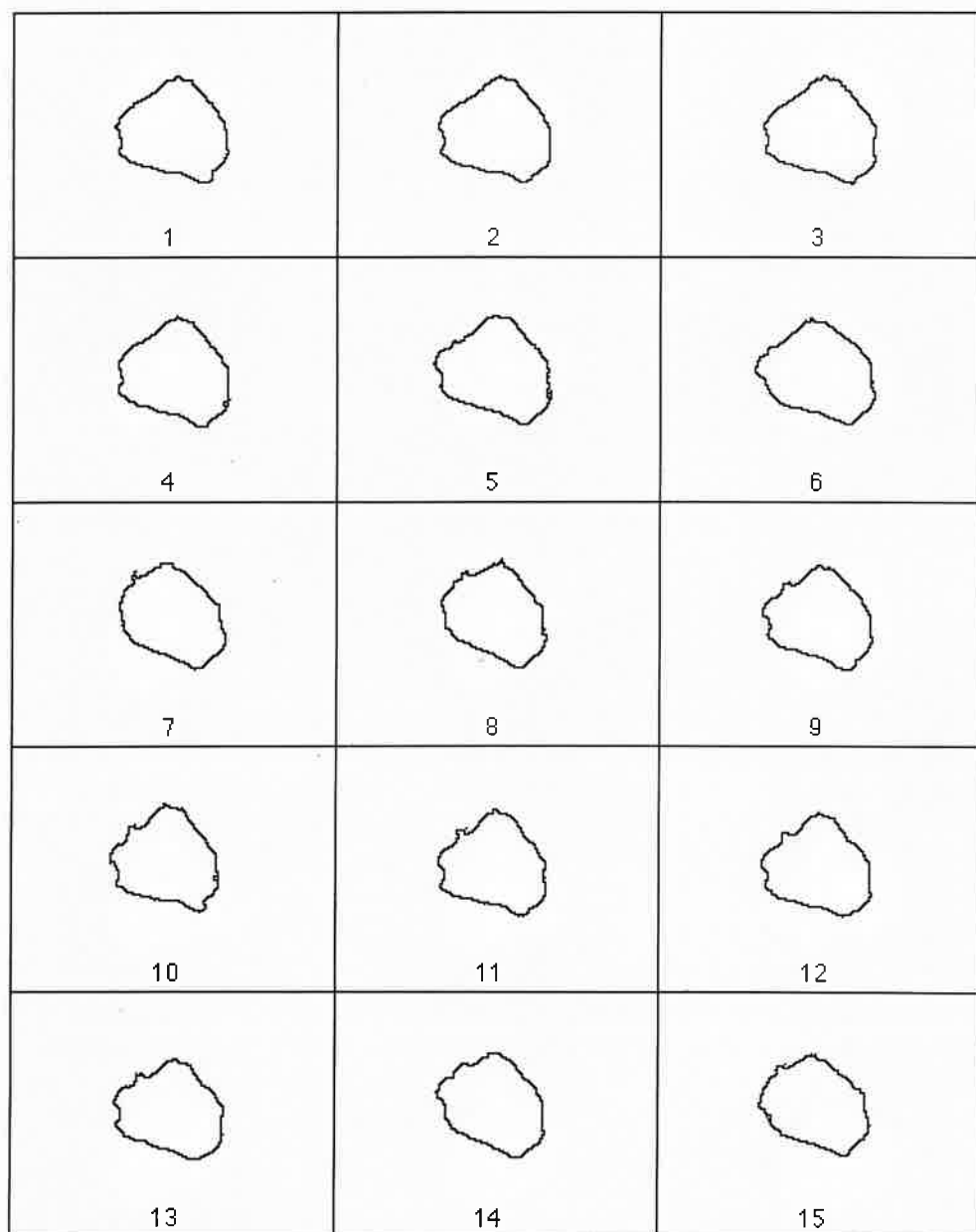


図4 解離細胞集合体の形の変化

り、遠心機により細胞の無秩序な濃縮集合体を作り、再生（自己組織化）させる。

次にこの集合体からの自己組織化過程における動き、形態の時間的変化を、実体顕微鏡に装着した CCD ビデオカメラと可変間欠撮影ができるタイムラプスビデオを用いて記録する。ヒドラは動きの変化が遅いため、また長時間にわたる変化を記録するため、タイムラプスビデオを用いている。

3. 画像処理システム

前節の集合体の自己組織化過程の時間変化の映像を、A/D コンバータにより一定の時間間隔で画像解析装置にデジタル動画像として入力する。使用した画像解析装置は Power Macintosh 8100/100 AV で、画像の取り込みは内蔵のビデオ回路を用い、画像処理ソフトウェア NIH Image により直接入力・画像処理・画像解析の総合処理を行った。

4. 解離細胞集合体の動きの情報量解析

細胞選別が終わり空洞化して、形態が再生し始めている過程にある解離細胞集合体の動きの変化を取り込んだ画像を図 2 に示す。これは 90 秒おきの変化を示しており、再生するために集合体が形を変え、動いているのが分かる。

この集合体の動きの情報量を解析するために、各画像における変化量の抽出を行った。全体的な動きの変化を見るために、図 3 の様に各コマに番号を付けて細胞集合体のみを抽出した。この画像の輪郭線のみを表したのが図 4 である。時間とともに輪郭の形が変化しているのが分かる。

更に細胞集合体の重心の空間的位置の変化を測定した結果を図 5 に示す。細胞集合体は形だけでなく、位置も変えて動いていることが分かる。

これらはある再生過程における局所的な時間

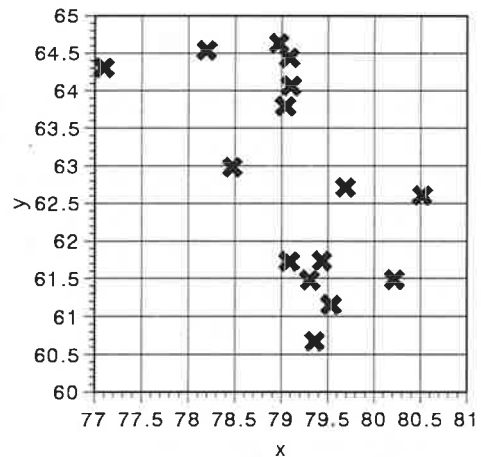


図 5 集合体の重心の位置の変化

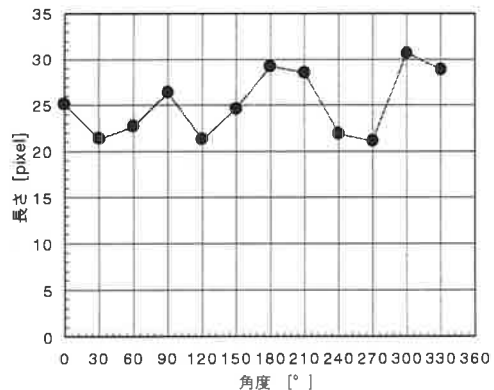


図 6 動きの情報量の測定
(角度方向の形の変化量)

変化であるが、集合体の各再生過程における時間変化が重要であると思われるため、各過程における特徴的な情報量として、動きの情報量を定義する試みを行ってみた。具体的には、集合体の重心を中心として、角度方向における形の変化を表す量として、輪郭線の重心からの距離の変化の測定を行った。計測結果の例を図 6 に示す。角度方向にある特定の周波数で周期的に変化している様子が見られるため、更に詳しい空間周波数解析を行い、特徴的な周波数を抽出することにより、動きの情報量として扱うことができることが予想される。

5. 考 察

今回用いた解離細胞集合体の画像は、自己組織化過程の1部の過程のものである。そこで、細胞選別過程、空洞形成過程、構造形成過程等の異なる過程における動きの変化を調べる必要がある。そこで今回定義した、形の変化の空間周波数を、動的過程の情報量として一般的に扱うことにより、より詳しい解析をおこなうことが可能となる。

更に形態形成や神経網形成などの生体における自己組織化過程は、動的な過程であるため、そ

の動的過程における変化量の1つとしてのこの動きの情報量を当てはめて解析することにより、生体における動的過程を総合的に定量化して扱うことが可能になると考えられる。

参 考 文 献

- 1) Y. Sawada. Physica A, pp.543, (1994)
- 2) H. Ando, Y. Sawada, H. Shimizu and T. Sugiyama. Dev. Biol. 133, pp 405, (1989)
- 3) M. Sato and Y. Sawada. Dev. Biol. 133, pp 119 (1989)