

複雑系物理モデルによる生命情報システムの研究

Study of Biological Information Systems by Models of Physical Complexity

(研究プロジェクト番号：JSPS-RFTF 96I00102)

プロジェクトリーダー

川村 清 慶應義塾大学工学部・教授

コアメンバー

岡 浩太郎 慶應義塾大学工学部・助教授

高野 宏 慶應義塾大学工学部・助教授

五味 壮平 岩手大学人文社会学部・助教授

岩崎 唯史 茨城大学工学部・助手

生塩 研一 近畿大学医学部・助手

守田 智 静岡大学工学部・助手

長名 優子 東京工科大学工学部・助手



1. 研究目的

戦略としては「生命情報システムの固体への移植」を採用する。発足当時掲げたこの言葉は、今日では *in silico biology* と言われている。具体的には、土壤線虫 *C. elegans* の神経活動を実験物理学的研究の支援を受けながら計算物理の手法で理解する。

2. 研究成果概要

2.1 *C. elegans* 神経回路網のデータベース作成

C. elegans は体長約 1mm の細長い透明な虫で、1匹の成虫はわずか 1000 個の細胞のみからなり、非常に簡単な構造をしているため、モデル動物として研究されている虫である。この虫では、神経細胞もわずか 302 個しかなく、神経細胞のそれぞれの間のシナプス結合の仕方が解剖学的な意味で、ほぼ完全に分かっている。

このような少ない数の神経細胞を使って、好きな匂いのする方へ近付いて行ったり、心地よい温度の場所を探して歩いていくというようなかなり高度な行動をするので、神経系の情報伝達の仕方についても大いに興味もたれている。

しかし、いくら神経細胞の数が少ないといっても、その活動の様子を科学的に理解しようとする、コンピュータの助けを借りなくてはならない。そこで、われわれは、生物学者の解剖学的研究成果をコンピュータで扱いやすいようにデータベース化した。このデータベースは以下で述べるようにわれわれが重要として使っているばかりでなく、国の内外の研究者の求めに応じて供給されてもきた。

2.2 神経細胞の活動の可視化

C. elegans の頭部を軽く触ると反射的に後退し、尾部を触ると前進する。これを接触刺激反応と呼ぶ。このような神経系の情報処理機能を調べるには、神経信号が伝わる様子を可視化することが必須である。そのためにわれわれは、興奮した神経細胞に選択的に取り込まれる FM1-43 という蛍光色素を *C.*

elegans に接触刺激を与えた時に投与し、この虫に接触刺激を加えた場合、どの神経細胞が利用されているのかを調べた。その結果、頭部接触と尾部接触とでは明らかに蛍光染色される神経細胞が異なることが分かり、この方法の有効性が示された。



図1 頭部刺激の後に FM1-43 から出る蛍光

2.3 *C. elegans* の反射行動の説明の試み

接触刺激反応で使われる神経細胞を神経回路網の構造から理論的に推定する方法を探ることも重要な課題である。頭部と尾部の触覚細胞と、前進後退を指令する運動ニューロンは分かっているが、データベースから分かる神経回路網ではこの2つの異なる反応の回路が混線しているように見える。それにもかかわらず正しい情報伝達起きるのは、他の細胞のはたらきを弱める抑制性の神経細胞があるからだと推測されてきた。

それを探し出すには、膨大な計算と統計処理をしなければならぬが、「未来開拓」の支援で購入したスーパーコンピュータとわれわれ自身が作ったデータベースの支援を受けて、どの神経細胞が抑制性であるかということ推定することができた。

