

コロイド粒子系への自然知能の物理的実装

Physical Implementation of Natural Intelligence in Colloidal Particle Systems

慶大理工 齋木 敏治

Keio Univ., Toshiharu Saiki

E-mail: saiki@elec.keio.ac.jp

鳥や魚、昆虫の群れに見られる合目的な集団的振る舞いは群知能と呼ばれ、組み合わせ最適化問題や意思決定問題に対する発見的な解探索アルゴリズムとして利用されている。群知能の起源は個体同士の局所的な相互作用にあるという理解のもと、その機構がモデル化されているが、そこには多くの未知の要素が残されているはずである。「知性」の起源を解明し、ハード的・ソフト的な応用を目指すには、個体の個性や不完全性、環境のゆらぎの要素を包含した物理系に自然知能を実装し、動作させ、理解を深め、実装にフィードバックするというアプローチが有効であろう。

私たちは自然知能に基づく「計算機」やアルゴリズムへの着想、自然知能そのものの理解の深化を目指して、現時点での機構の理解をヒントに、物理的実装に取り組んでいる。具体的には、コロイド粒子をエージェントとして扱い、相変化材料が有する記憶・演算機能、ならびに粒子間相互作用を光によって引き出している。本講演ではアリコロニー最適化とスピングラス解探索を取り上げ、実装例を紹介する。

典型的な実験セットアップを図 1(a)に示す。2枚のライドガラスで2次元スリットを形成し、隙間をポリスチレンビーズ (PB) を含む水 (ポリマー) で満たす。直径 $2\mu\text{m}$ の PB をスペーサとし、 $1\mu\text{m}$ の PB をエージェントとする。一方のライドガラスには相変化材料が成膜されており、相変化誘起と対流形成のために上方からパルス光を広域に照射する。アリコロニーの物理的実装の場合は、PB のレンズ効果 (図 1(b)) によって PB 直下のみ相変化材料を結晶化し、その軌跡を「フェロモン」として機能させる。図 1(c)にはフェロモンを放出しながらアリ (PB) が動くようす、図 2 には他のアリが残したフェロモンへの誘引とそれをなぞることによるフェロモンの増強によって、主要な経路が形成されるようす、ならびにショートカット経路が発生し、他のアリがそちらを選択するようすなどを見ることが出来る。図 3 はスピングラスの実装である。結晶構造を形成する PB の集合体に対し、反強磁性相互作用する三角格子上のスピンと等価な振る舞いを見出し、絶えず上下動 (白黒コントラストの反転) するフラストレーションを模擬している。

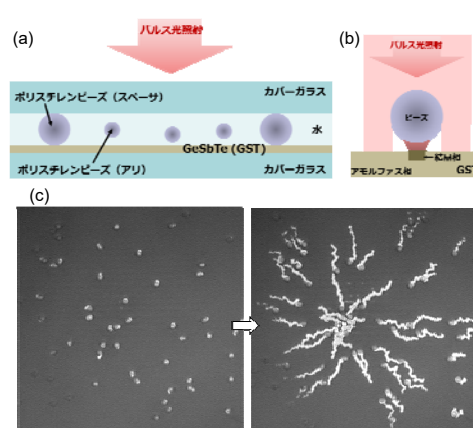


図 1

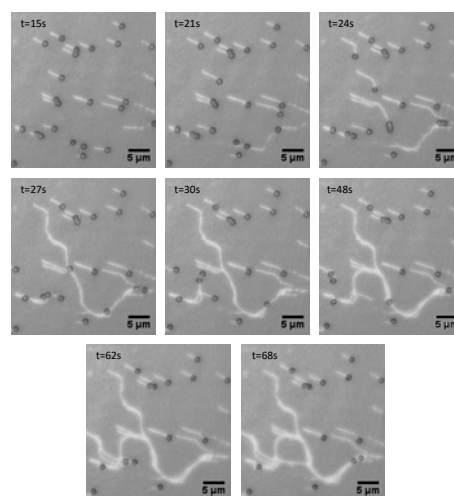


図 2

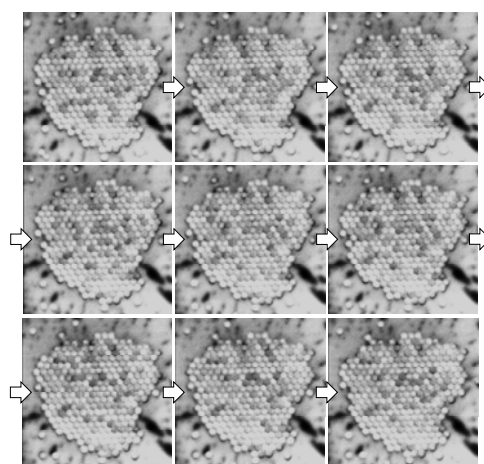


図 3