

マイクロ粒子と温度応答性ポリマーを用いたアリ群知能の物理実装

SATテクノロジー・ショーケース2022

■ はじめに

現在主流である逐次処理型コンピュータは、正確な解を求める点において非常に強力である。しかし、要素数が膨大になるにつれて計算時間が爆発してしまい、情報処理やシステムの大規模化/複雑化が進む現代においてこの問題は深刻になりつつある。これを解決するためには、逐次処理のノイマン型とは全く異なる原理で動作する「速く」「ロバスト」な並列処理計算機が新たに必要となる。

ここで、我々は自然界に存在する計算機構に着目しこれを活用することを考えた。例えば、アリの群れは誘引性のフェロモンによる正のフィードバック、フェロモン蒸発による負のフィードバック、さらには個体がもつ揺らぎを上手く活用し巣と餌を結ぶ最短経路を見つける。これを群知能と呼ぶ。この群知能の素過程をモデル化したアリコロニー最適化アルゴリズムは現に、最適化問題の解決法として広く利用されている。

我々の狙いはこの群知能を、計算機上ではなく、物理的に模倣することである。アリのフェロモンコミュニケーションの素過程をそれに類似した物理現象に代替する。例えば、マイクロ粒子が示すブラウン運動はアリの個体が示す揺らぎとして導入できる。また、温度応答性ポリマーのゲル-ゾル相転移による顕著な粘性変化は粒子のダイナミクスに大きな影響を与え、この転移をフェロモン状態に対応させることができる。これら物理パラメータは制御可能であり、このTunabilityが集団運動の創発に繋がると期待している。本発表では、具体的なアリ群知能の物理実装手法、および観察された粒子の複雑な運動について報告する。

■ マテリアル・物理現象

1. ポリスチレンビーズ(PBs)

アリの個体の代替として我々は直径 1 μm を使用した。この径の微粒子は溶液中でブラウン運動を示しアリの個体の揺らぎを導入しやすい。加えてレンズ効果を示し局所加熱に向いている。レーザーが照射されると自身のレンズ効果によりその直下に集光される。ここでサンプル基板に相変化材料GeSbTe(GST)を使用すると、粒子直下において集光された領域が局所的に加熱され相変化する。この相変化は光学的コントラストより視認ができる。

2. 温度応答性ポリマー(TRP) Pluronic F127

F127はTRPの一種で、温度変化に応じてゲル-ゾル転移を示す。その際粘度が著しく変化しこれが内部に分散するPBsのモビリティに大きな影響を与える。

■ 物理実装スキームと実験結果

PBsとTRPを活用したアリ群知能の物理実装スキームを図1に示す。初期の室温状態ではTRPはゲルであり、PBsは動けない(図1a)。ここでレーザーを照射すると、自身のレンズ効果により直下のGST基板が相変化するとともに加熱される。これにより周辺のTRPがゾル転移し可動域となる(図1b)。複数のPBsがゾル領域を開拓するとそれらを通じてダイナミクスに相関が出始める(図1c)。一方で距離が離れたPBs間のゾル領域は時間経過とともに冷却され再びゲル状態となる。これとアリのフェロモンコミュニケーションとの対応を表1に示す。

実際の実験結果スナップショットを図2に示す。ここではPBsの軌跡がGST基板の結晶化により視認できる。この領域は加熱され、TRPはゾルに転移していると考えられる。このゾル領域をPBsが好んで通過する様子が観察された。

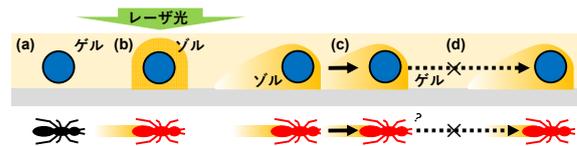


図1 アリ群知能の物理実装スキーム

表1 フェロモンと TRP の対応

フェロモン	温度応答性ポリマー
塗布されていない	ゲル
塗布されている	ゾル化
蒸発する	再ゲル化

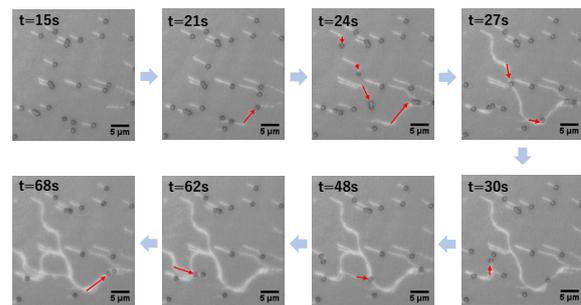


図2 実験結果スナップショット

代表発表者 中山 牧水(なかやま ぼくすい)
 所属 慶應義塾大学大学院 理工学研究科
 総合デザイン工学専攻 博士課程
 問合せ先 〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1
 TEL:045-563-1151 FAX:045-563-1529
 neomero@keio.jp
 bokusui.nakayama@saiki.elec.keio.ac.jp

■キーワード: (1)コロイド粒子
 (2) 応答性ポリマー
 (3) 自然知能

■共同研究者: 桑原 正史(産業技術総合研究所)
 齋藤 雄太(産業技術総合研究所)
 斎木 敏治(慶應義塾大学)