

## 分散協調理論の研究：多様なモデルと問題の中に原理を探して

九州大学 大学院システム情報科学研究院 准教授

山内 由紀子

(お問い合わせ先) TEL : 092-802-3646 E-MAIL : yamauchi@inf.kyushu-u.ac.jp



### 研究の背景

たくさんの人間が集まって何かを決めようという時、何のルールもなく合意に到達するのは簡単ではありません。多数決なのか、じゃんけんなのか。このような状況は人間社会だけではなく、たくさんの計算機が集まった時にも起こります。多数の計算主体が相互に通信を行いながら協調して動作する系を分散システムと呼びます。たとえば、インターネットに代表される計算機ネットワークを想像するとよいでしょう。計算主体がシステム中に分散してしまっていることが分散協調の本質的な難しさです。各計算主体は局所的、非同期的、並列的に個別に動作するので、計算主体の数が多ければ、故障や通信障害を回避できず、同時一斉に全計算主体を初期化することもできません。このような厳しい制約の下での分散協調を考えることによって、頑健でスケラビリティのある分散システムの要件が解明されてきています。

### 研究の成果

私は分散システムの自律適応性に着目して研究を行っています。研究対象は計算機やロボットといった人工物に限らず、化学反応系、生物群、人間社会といった自然システムで起こる現象にも分散協調という立場から興味を持っています。

分散協調の基本的な問題はグラフ問題に深く関連しており、例えば時々刻々と変化する分散システムの状況、特にデッドロックを検知する問題は、グラフ内を移動するターゲットを探索する問題に対応します(図1)。探索問題については、自律的に移動するエージェント群による分散型のオンライン探索問題と集中型のオフライン

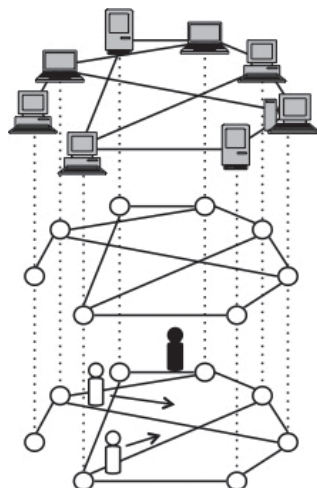


図1 分散システムの検知問題とグラフ探索問題

探索問題を比較することで、最適なエージェント数でオンライン探索ができることがわかりました。その他にも、計算機ネットワークのルーティングやブロードキャストに対応するグラフ問題の耐故障分散アルゴリズムの提案などの成果を上げています。

分散協調が本質的に困難な場合も存在し、多くの場合、計算主体間の対称性破壊ができないことが原因になっています。結晶や生物群がつくりだす美しい構造は、自律的に移動する粒子群による形状形成問題としてモデル化できます(図2)。粒子群の対称性が形成可能な形状を決める主要因ですが、匿名性、無記憶性、非同期性、局所性、ランダム性といった自然界によく現れる性質が形状形成問題に与える影響も分かってきました。探索問題や形状形成問題はドローンなどのロボット群による地図作成や自己組織化の基礎理論と位置付けられます。

### 今後の展望

分散協調の理論研究が対象とするモデルや問題は多岐にわたりますが、これらの研究の根底には一貫して分散協調の理論的背景を解明したいという目標があります。種々の現象を分散協調という視点から広く検討することで、私たちの身の回りの計算機システムや社会システムで役立つ理論を発見していきたいと考えています。

### 関連する科研費

2015-2017年度 若手研究(B) 「分散システムの自己最適化理論」

### 点形成問題(一点集合問題)



### 直線形成問題



### パターン形成問題



### 平面形成問題



図2 様々な形成問題