

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 西 川 尚 希

論 文 題 目

Swarm Chemistry モデルにおける非対称性に基づく  
群れダイナミクスの進化的探索

論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 有田 隆也

委 員 名古屋大学教授 杉山 雄規

委 員 名古屋大学准教授 鈴木 麗璽

自然界に存在する群れ現象に関する古典的なモデルとして、各エージェントに3つの単純な行動ルールを与えることによって鳥の群れに似た振る舞いを作り出す **Boids** がある。また近年、エージェントごとに異なる行動パラメータを持ちうるように **Boids** を拡張したモデル **Swarm Chemistry** (以下、**SC**) がある。**SC** は **Boids** のような均質な群れモデルでは作り出しえない複雑な群れ現象を作ることができるが、十分解明されたとは言えない。本研究の目的は群れ現象の構成論的理解のために **SC** の可能性を明らかにすることである。**SC** の膨大な行動パラメータ空間に存在する興味深い群れ現象の探索には数理最適化手法を用いるのが現実的であるが、興味深さといった曖昧な概念を目的関数としていかに定義するかが課題である。本研究では、エージェント間相互作用における非対称性や群れにおけるエージェント配置の疎密など広義の「非対称性」が群れ現象の興味深さに関連すると考えるスタンスをとり、非対称性を計量化する様々な指標を最適化することにより、パラメータ設定と創発する群れ現象の関係を理解することを試みた。

本論文は、全8章から構成される。まず、第1章では、上記のような研究背景と目的について論じた。第2章では、前提とする **SC** の概要を記述した。第3章では、進化的計算によって目的関数を最大化する群れを探索する枠組みを構築した。第4章では、予備実験として、実世界での具体的タスクを想定した単純な目的関数を用いて、枠組みの有効性を確認した。第5章では、種々の非対称性に関わる計7指標を定義した。エージェントの位置に基づく幾何学的な非対称性に関わる指標が2つ、エージェント間の相互作用に関わる指標が4つ、系に内在する非対称性に関わる指標が1つである。第6章では、定義した指標を最大化する群れの探索を行った。その結果、大別して2つの特徴的な群れ現象の獲得に成功した。第1には、多層の膜状の構造が脈動的に振幅するものである。これは、入出次数差の時間微分、もしくは入次数・出次数各々の微分値の和を目的関数としたことで、情報伝達の非対称性の振動を引き出したためである。第2には、複数の膜と球のような構造が生じた後、徐々に変形していくものである。これは、入出次数差の最大値と最小値との差を目的関数としたことで、情報伝達の非対称性が高い状態から低い状態まで広く遷移する群れ現象を引き出したためである。第7章では、得られた結果の一般的な解釈を試みた。最後に、第8章では、本研究で得られた知見および今後の展望についてまとめ、本論文を総括した。得られた知見を簡潔に表現するならば、興味深い群れダイナミクスを得るには、エージェントの位置や速度という物理量の非対称性よりも、相互作用の非対称性を増加させることが効果的であるということである。その直接的な根拠は、興味深い群れ現象を得られたのがそのような種類の指標を用いた場合であったことであり、間接的な根拠は、8種類の行動パラメータのうち、相互作用の非対称性を制御する行動パラメータである知覚半径に関する進化後の分散が最大であったことである。さらに、興味深い群れダイナミクスの出現をフィードバックにおける相互作用の非対称性の付与という観点から解釈することも試みている。

以上のように、西川尚希氏が提出した学位申請論文は、生命系に普遍的に見られる群れ現象の興味深いダイナミクスを生み出すメカニズムに関する一定の知見を得たこと、及び、そのようなメカニズムの研究手法の一つの枠組みを提供できたことに意義があると判断できる。よって審査委員会は、西川尚希氏が博士(情報科学)の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。