

松本 眞

広島大学大学院理学研究科
教授

超一様性の理論と諸科学におけるランダムネスへの展開

§ 1. 研究実施体制

(1)「広大」グループ

- ① 研究代表者:松本 眞 (広島大学大学院理学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・超一様性の指標の開発
 - ・数値積分への応用
 - ・統計への応用
 - ・生物の社会行動の数理モデリング
 - ・ソフトウェア開発

(2)東大グループ

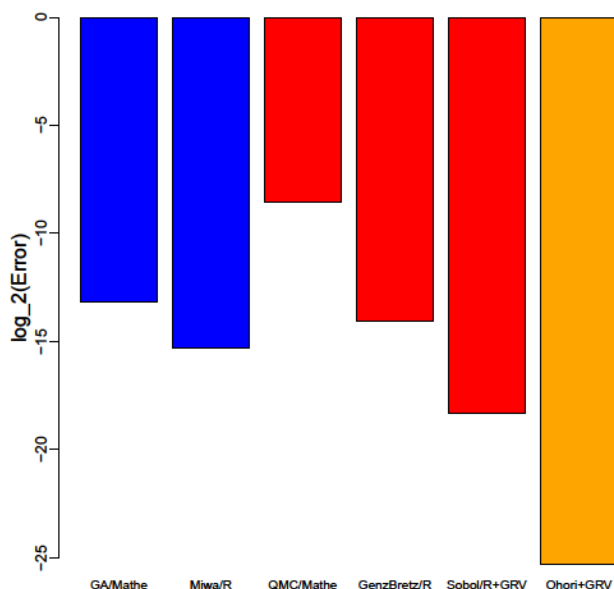
- ① 主たる共同研究者:志甫 淳 (東京大学大学院数理科学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・超一様点集合の構成に関連した数論幾何

(3)京大グループ

- ① 主たる共同研究者:玉川 安騎男 (京都大学数理解析研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・超一様点集合の構成に関連した数論幾何

§ 2. 研究実施の概要

1. 高速数値積分法の開発。擬似乱数は、計算機により作られた「でたらめにみえる数列」である。本研究では、擬似乱数を、より一様性の高い「超一様点集合」に置き換えることで、諸科学での計



算の速度や精度の向上を図る。本年度において広大グループでは、統計学など諸科学で幅広く用いられる「多次元正規分布の数値積分」についてプログラム実装を行い、既存の方法よりも高速であることを確かめた。(図1:従来の手法が左の5つ、開発した方式は右端)。開発した点集合はパラメータ付き WAFOM という指標によって選ばれたものである。この点集合は Niederreiter-Xing 点集合という数論幾何的手法で作られた点集合を変形して得られている。東大グループでは、数論幾何的手法を用いた超一様点集合の構成の準備的研究を、京大グループでは数論を用いた準備的研究を進めた。

図 1: 数値積分の精度比較: 右端が本研究によるもの

2. アリの集団行動の最適化。広大グループの西森は、松本によるメルセンヌ・ツイスター擬似乱数を運用し、アリの集団採餌における最適行動に関するランダムネスの影響を数値的に評価し新奇的な結果を得た[論文 1]。アリは一定の化学物質(フェロモン)に誘引される性質---走化性---を有する。巣から一定距離でかつ互いに一定角度だけ離れた複数箇所(2箇所 or 3箇所)に配置された餌(図2)を発見した個々のアリは、帰巣途上フェロモンを歩行経路に沿って分泌し、帰巣後は他のアリを動員し、動員されたアリは走化性に基づいて餌場にたどりつく。このような正のフィードバック過程により、アリは集団として巣から遠くに配置された餌を効率的に巣に持ち帰る。本研究では、総個体数が固定された集団を構成する個々のアリの走化性の強度、すなわちアリのフェロモン追従能力、を調整することで、集団としての最適採餌戦略を探索した。その結果最適集団戦略として、

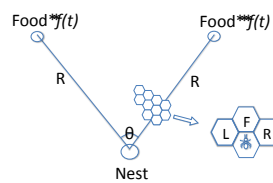


図 2

I. 集団中で、フェロモン追従能力が高い個体を一定の割合だけ配置し、残りはフェロモン追従能力が非常に低い個体を配置する場合

II. 集団中で、同等の中間的なフェロモン追従能力を持っている場合

の 2 通りがあることがわかった。さらに、最適戦略が I、II のいずれになるかは、餌場間の相対角度 θ (図2)に依存して決まることを示し、その後、ゲーム理論におけるリスク分散を考慮した解析モデ

ルを構成し、数値計算の結果の定性的解釈に成功した。今後、アリの行動に用いられた乱数を、超一様数列に取り換えることで、シミュレーションの精度や結果がどのように変化するかを検証していく。

発表文献

1. Hiraku Nishimori, Shin I Nishimura, Rito Takeuchi, and Akinori Awazu , “Variations on Error Strategy of Foraging Ants” , Proc.of SWARM 2015: The First International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics, Kyoto, Japan, 271-272(2015)