

## 【新学術領域研究（研究領域提案型）】

### 複合領域



#### 研究領域名 情報物理学でひもとく生命の秩序と設計原理

東京大学・大学院理学系研究科・教授

おかだ やすし  
岡田 康志

研究課題番号：19H05794 研究者番号：50272430

#### 【本研究領域の目的】

分子・細胞レベルから細胞集団レベルまでの様々な階層の生命現象において「情報」は欠くことのできないキーワードである。技術の進歩により、定量的な実験が可能となったが、生命現象における情報を統一的・定量的に扱う枠組みは存在しない。一方、物理学では、近年、情報を力、エネルギーと同列に物理的対象として議論する新しい理論の枠組みの構築が進んでいる。そこで、本研究領域では、両者の融合を目指す。すなわち、情報物理学という理論的枠組みを利用して生命現象の理解を深め、生命システムの設計原理の解明を目指す。さらに、生命現象を具体例として情報熱機関の設計原理を議論することで情報物理学を深化発展させる。このような生物学と物理学の間のフィードバックを通じて、「生命の情報物理学」という生物学と物理学の間の新たな学際領域を開拓する。

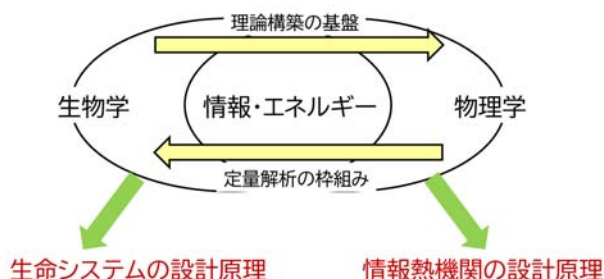


図1. 本研究領域の目的

#### 【本研究領域の内容】

本研究領域は、生命現象を題材として、情報を力、エネルギーなどと同列に物理的対象として議論する新しい物理学を構築することが目標である。その理論的支柱である情報の物理学の深化発展と、実験対象たる生命現象における情報の計測を車の両輪として推進する。従って、基本的な戦略は、「情報の物理学」理論研究と「生命現象における情報」の実験・計測の融合である。

そのため、対象・課題に応じて三つのグループに分け、各グループに理論構築を行う物理系の研究者と実験・計測を行う生物系/生物物理系の研究者をともに配している。

研究項目 A では、生体分子の設計原理が主なテーマである。分子モーターなどの実在するタンパク質分子機械に対して、情報熱力学的な観点からの設計

原理を明らかにする。さらに、その発展として、非平衡液相分離の理論を整備し、分子間相互作用による秩序創発の原理を探求する。

研究項目 B では、細胞内シグナル伝達を扱う。情報幾何学の情報熱力学への応用や化学反応ネットワークであるシグナル伝達経路における情報伝達の熱力学限界の議論を行い、情報物理学理論の深化発展を目指す。さらに、定量的な実験結果の解析により、例えば「MAP キナーゼ経路は、なぜ3段階のキナーゼ反応カスケードなのか」といった素朴な問いにアプローチする。

研究項目 C では、細胞集団の秩序創発をテーマとする。細胞の走化性応答や集団運動、発生における位置情報の決定や分化、細胞集団の成長と増殖による進化適応などが対象である。ゆらぎを伴う物理化学的な入力情報を処理し、再現性良くかつ適応的に全体の運動や形態などの秩序を形成する機構を、「個と集団」や「個と場」の連関構造を情報物理学的に捉えることで探求する。

#### 【期待される成果と意義】

生命現象を題材とした、素朴でしかも本質的な具的課題に取り組むことで、情報の物理学理論の深化発展が期待され、例えば情報処理の熱力学的コストの限界など、情報熱機関の設計原理の議論を可能にする新しい理論体系の整備が期待される。

一方、このような新しい理論的道具立てとアプローチの整備により、生命科学の変革も期待される。すなわち、生命現象に対してその分子機構＝what(どの分子が)と how(どのように)を探求することが中心である現在の分子生物学的研究に対して、why(設計原理)を探求する「生命現象の情報物理学」という、生物学と物理学の境界領域に位置する新しい学問分野の樹立を目指している。

#### 【キーワード】

情報熱力学＝情報理論と熱力学の融合分野。情報処理を含む系の熱力学的な議論が可能となった。

#### 【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和5年度  
1,150,100 千円

#### 【ホームページ等】

<http://infophys-bio.jp/>