

平成25年度 (2013年度) 新学術領域研究 (研究領域提案型) 領域計画書

平成 24 年10月23日
3版

審査希望区分	人文・社会系 理工系 数物系科学 化学 工学 生物系	整理番号	理工006		
	仮領域番号		K7CU3	領域略称名	ゆらぎと構造
応募領域名	ゆらぎと構造の協奏：非平衡系における普遍法則の確立				
英訳名	Synergy of Fluctuation and Structure: Foundation of Universal Laws in Nonequilibrium Systems				
領域代表者氏名	(フリガナ)	サノ マサキ			
	(漢字等)	佐野 雅己			
所属研究機関	東京大学				
部 局	理学(系)研究科(研究院)	職	教授		
応募領域の研究概要	非平衡系を支配する法則を解明することは現代科学の大きな未解決課題である。本研究領域では、メソスケール非平衡系を舞台に「ゆらぎ」と「構造」との不可分で本質的な関わり合いを基軸にした非平衡科学の新しい流れを創り出す。量子凝縮系、ソフトマター、バイオマターまでの多彩な物質群での非平衡現象とその普遍性に関する研究を深め統合することで、ミクロとマクロをつなぐ普遍的な法則を探求する。特に、種々の非平衡系でのゆらぎの普遍性の検証と、物質の創発的な非平衡構造に即した機能発現の理解が焦点となる。本研究の成果は、非平衡統計力学の建設、革新的技術開発、細胞モデルの構築など諸分野につながり、次世代の発展の基盤となる。				
(1) 関連研究分野(細目)	細目番号	4904	(2) 関連研究分野(細目)	細目番号	4906
	分野	数物系科学		分野	数物系科学
	分科	物理学		分科	物理学
	細目	数理物理・物性基礎		細目	生物物理・化学物理・ソフトマターの物理
研究の対象	<p>(1)多様な研究者による新たな視点や手法による共同研究等の推進により、当該研究領域の新たな展開を目指すもの。</p> <p>(2)異なる学問分野の研究者が連携して行う共同研究等の推進により、当該研究領域の発展を目指すもの。</p> <p>(3)既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指すもの。</p> <p>(4)当該領域の研究の発展が他の研究領域の研究の発展に大きな波及効果をもたらすもの。</p> <p>(5)学術の国際的趨勢等の観点から見て重要であるが、我が国において立ち遅れており、当該領域の進展に格段の配慮を必要とするもの。</p>				

1 領域の目的等

(1) 目的

非平衡科学の重要性と本領域の目的

物質の平衡状態の研究は熱統計力学という確立した方法論に立脚しているのに対して、非平衡状態を扱う科学は、まだ発展段階にある。非平衡系を記述する一般的な法則を見だし、それをもとに、自然現象を理解・制御することは現代科学の大きな未解決課題である。

本領域の目的は、これまで独立に進められてきた「非平衡ゆらぎ」と「時空間構造」という非平衡科学の二つの大きな流れを、それぞれメソスケールの領域にまで押し進めて発展させ、両者を統合する新しい研究の潮流を生み出すことである。実際、近年興った「非平衡ゆらぎ」の普遍法則の発見や、メソスケール系での実験技術の進展により「ゆらぎ」と「構造」を統一的に扱うための環境は整っており、統合による非平衡科学の飛躍的発展の機は熟している。本領域では、量子凝縮系、固体物理、ソフトマター、非平衡統計力学などの分野の実験家と理論家の密接な連携により、個々の対象を越えた普遍的で応用性に富む知見を切り拓くことを目指す。

非平衡科学には、早い段階から、物性物理を指向する動きと生命を指向する動きがあった。ゆらぎと輸送現象の理解は物性物理の基本的問題である。一方で、生命現象の本質を理解するには、物質の集まりが生命となるプロセスを、物質基盤と情報基盤が関わりあう非平衡系の問題として正面から捉える必要がある。その背景の下、70年代後半以降の非平衡科学の研究は、大きく「非平衡ゆらぎ」と「時空間構造」を追求する二つの潮流に分かれて発展してきた。「ゆらぎ」の研究は理論主導で、ミクロなゆらぎの性質に基づきマクロな性質を記述することを目指してきた。しかし、そこでは系のもつ豊かな大規模構造や非平衡ダイナミクスなどの動的秩序は、二次的に扱われていた。一方、「構造」の研究では、マクロな系を直接の対象とし、非平衡ダイナミクスを普遍的に記述することに成功したが、ゆらぎの非自明な効果は取り入れられていなかった。以下に見るように、メソスケール領域の系を対象とすることで、二つの流れは自然に交差し、ミクロとマクロをつなぐ非平衡法則の探求が可能となる。

本領域の研究指針と具体的な課題

以下では、本領域の目的を達成するための、3つの基本指針と具体的な課題について述べる。

(1) 「非平衡ゆらぎ」の普遍的な法則の探求

90年代半ばからのメソスケール系での「非平衡ゆらぎ」に関する一連の研究の中で、揺動散逸関係を含む「ゆらぎの定理」や、平衡と非平衡をつなぐ「Jarzynski 等式」などの新たな普遍的な関係が発見され、非平衡科学を巡る状況は歴史的転回を遂げた。分子レベルの力学とマクロなダイナミクスの中間領域で「ゆらぎ」の普遍性が見出されたことの意義は大きい。

これらの展開は始まったばかりで、実験的検証は主として単一コロイド粒子系などに限られているが、非平衡ゆらぎの普遍法則は広範な物質と多くの非平衡現象について成り立つと期待される。本領域では、量子ゆらぎ、熱ゆらぎ、非熱的ゆらぎなどの非平衡状態における性質を、多粒子系や量子多体系、液晶など多くの物質系について実験的に精査し、理論的には、熱流やせん断流などの外場によって構造変化を伴う状況、情報と制御が関与する場合などに拡張し、非平衡法則をさらに有用な形式へと整備することを目指す。そのためのメソスケール系の革新的な技術として、(a)ゆらぎを計測、制御できる1分子計測や量子測定技術、(b)構造変化や相互作用を制御する実験技術、(c)シミュレーション技術などが進展しており、これらの研究を展開するための準備は整っている。本領域の第一の課題は、これらの革新的な技術と新規の理論を収斂させ、非平衡ゆらぎの普遍性を手掛かりとして、ミクロとマクロをつなぐ非平衡系の普遍法則の確立を目指すことである。そのため、非平衡ゆらぎの普遍法則が広範な物質について成り立つことを実証する。具体的には、分子の配向秩序の熱ゆらぎが観測可能な液晶やエマルションなどの実験系(折原)、電流ゆらぎが問題となる半導体メソ構造系(小林)、非熱的ゆらぎが測定可能な細胞骨格(木村)などの実験系において、非平衡ゆらぎの特性を精密に測定し、理論との整合性を検証するとともに新奇現象を探索する。また、自律系のゆらぎが従う法則や、情報とフィードバック操作を含む系の非平衡関係式の探求(佐野)とその量子系への展開などの研究(齊藤、沙川)を進める。

目的（つづき）

(2) ゆらぎと構造が交差する現象の探求と解明

メソスケールの領域では、「ゆらぎ」と「構造」は不可分となり、自然に絡み合ってくる。メソスケール構造の変化は、ミクロなゆらぎと輸送の変化として現われ、輸送係数の変化は、時空間秩序の発生条件に関わるため、マクロなゆらぎにも大きな変化をもたらす。このように、マクロな変動とメソ構造の間にフィードバックがある場合には、機能の発現に繋がる多彩な振る舞いが可能となるため、ゆらぎと構造に強い相関がある場合に非平衡理論を発展させることは、重要な課題である。以上の背景の下、**マクロとメソ構造の間にフィードバック相互作用があり、「ゆらぎと構造が協奏的に発展する系」の理論と実験を推進することが、本領域の第二の課題である。**そのためには、物質のメソ構造、ゆらぎ、非平衡構造が強く相関して現われる実験系が鍵となる。具体的には、外場下でのソフトマターの秩序構造のゆらぎ（折原）、ゆらぎが顕著となるメソスケールでの反応拡散系（櫻井）などの実験系が対象となる。これらの系において、物質のメソ構造と動的秩序の相関、動的秩序構造とゆらぎの非自明な結合効果、界面やトポロジカル欠陥・渦構造のダイナミクスと場のゆらぎの相関などを明らかにする。理論的には、非平衡ゆらぎの普遍法則の空間構造がある場合への拡張（佐々）や、保存量である密度場に関する輸送係数の動的非対称性に起因する非平衡動力学や非線形レオロジーの解明（田中、古川）などが期待される。フィードバックのある系に関しては、情報熱力学が立ち上がりつつあり（沙川）、今後これを展開する。

(3) ゆらぎと構造の協奏が生み出す自律的機能の探求

上述のメソスケールにおけるゆらぎと構造の協奏を手がかりに我々は、非平衡科学のもう一つの流れである、生命現象の物理的な理解に挑む。単なる物質の集合が自己生産、自己駆動、遺伝情報の伝播など生命の基本特性を発現するための物理機構を解明することは、生命という動的な非平衡系を理解する上で重要な一步となるだろう。自己生産や遺伝情報の伝搬には、細胞のような区画化された系と、それを持続させる非平衡開放状態が不可欠であり、対称性の破れを伴う自律的ゆらぎの役割を理解することが重要である。**本領域の第三の課題は、物質科学を基盤として、メソスケールのモデル非平衡系を実現し、時空間構造やゆらぎが自己複製や自己駆動などの機能に転化するメカニズムを、実験と理論の両面から明らかにすることである。**そのため、人工生体膜などのソフトマターや細胞モデルを対象に研究を進め、膜のメソスケール構造の変化、膜系に内包される化学反応のダイナミクス、動的秩序としての変形・運動・分裂のそれぞれの機構を明らかにする。また、それらのメソ構造と動的秩序が相関して現われる現象として、自己複製や自己駆動などの物理を物質科学と非平衡理論に基づいて明らかにする。最近、本領域のメンバーが発見した、DNAを内包したモデル膜系でベシクルとDNAの全体が自己増殖する現象や、実際の細胞において、反応拡散波のゆらぎが細胞運動を制御している事実は、有力な道しるべとなるだろう。具体的な研究課題としては、時空間秩序形成とその生命現象の展開（吉川）、ベシクル系による人工細胞系の構築と構造変化の解明（今井、好村）、微小空間における反応拡散場と細胞機能との関連（櫻井）、細胞やモデル非平衡物質の応答と非平衡ゆらぎの計測（木村）などを推進し、生命の基本特性を発現するための物理機構の解明に繋げる。

領域推進の意義と波及効果

本申請は新学術領域研究の対象項目、 に該当する。すなわち異なる学問分野（統計力学、量子凝縮系、ソフトマター物理、物性物理など）の研究者を非平衡法則の探究という目的の下に結集させ、その相互作用により非平衡科学の新境地を開拓するとともに（項目）、多彩な先端技術をもつ実験家と理論家が連携して多角的に共同研究を進める（項目）。現在、多くの分野で非平衡系に対する関心が深まっており、今ほど非平衡系に関する指導原理が求められている時はない。本研究領域の発展により、次のように多くの分野への波及効果が期待できる。(1)非平衡法則の発見と深化は、物質科学における非平衡現象の本質的理解につながり、諸分野の基盤的知識と成り得る。(2)フィードバック操作や情報の概念を取り入れた非平衡統計力学の発展は、メソ系やナノシステムの制御と関連が深く、新たな革新的技術の開発につながる可能性がある。(3)人工細胞やモデル非平衡物質の実現は、生物物理や化学工学の発展に寄与するものと期待される。

(2) 応募領域に関連する国内・国外の研究動向等

非平衡統計力学の新局面：微小な空間での非平衡ゆらぎの普遍性

非平衡統計力学の分野において我が国は、久保の線形応答理論、森公式、川崎のモード結合理論、土井-Edwards 理論など世界に先駆けて重要な貢献を成し遂げてきた歴史を持つ。70年代後半以降の世界の動向は、これらの理論を平衡近傍以外へと拡張しようとする「非平衡ゆらぎ」の研究と、平衡から遠く離れた系の自己組織化を探索する「時空間構造」の研究の2つに分かれて独立な発展を遂げた。前者のゆらぎの研究において90年代半ばから興った新たな展開では、平衡近傍で成立する線形応答関係が破れ始める非平衡領域に着目することで、「ゆらぎの定理」や「Jarzynski 等式」などの新発見がもたらされた。これは、熱ゆらぎが無視できない小さな非平衡系に適用され、平衡近傍と非平衡を繋ぐ関係式として、様々な実験や理論解析にも影響を与え始めている。実際に、ゆらぎの効果が大きいメソスケールの物質が注目されており、わずかな外力で大きな応答を呈するコロイド系などのソフトマター、DNA、RNAなどの生体高分子の1分子計測実験、メソスコピック電子系などの実験において新理論の有用性が認識され始めている。この動向は、最近の国際会議の開催状況にも現れており、毎年世界的に多くの国際会議が開催されている。これら最近の非平衡統計力学の発展の中で、日本の学術は着実に世界に存在感を示しているが、物理学として非平衡統計力学を主題に取り上げた新学術領域研究や組織的研究は、科研費以外を含めても今のところ存在しない。新学術領域の「ゆらぎと生体機能」は、タンパク質と脂質の熱平衡ゆらぎを対象としたもので、本領域のように非平衡ゆらぎに関する研究とは異なる。

散逸構造からアクティブマター、人工細胞へ：物質と生命の境界を探る非平衡科学

「ゆらぎ」の研究と異なり、「構造」に関する研究は、主としてマクロな非平衡系を対象とし、散逸構造に代表される構造形成論、乱流の起源や振動子集団の秩序を解明する物理、数理物理などの分野で既存の概念を転換する幾多の発見に貢献してきた。この発展は、熱ゆらぎを捨象し、熱力学を離れることで、マクロな散逸力学系の理解に大きな進展をもたらした。一方で、当初の非平衡科学が目指していた、もう一つの指向性、すなわち生命現象と非平衡状態の関わりに関する研究は、20世紀の終わりに漸く大きな転機を迎えた。その契機となったのは、分子生物学やゲノム解読、一分子計測や可視化技術などの進展により、生命現象の動態とゆらぎが目の当たりにさらされたことや、生命の基本単位である細胞を人工的に合成しようとする実験が、本格化してきたことに象徴される。この中で、**生命現象を理解するために、物質の集合体が生命らしい動態を示す条件を、物質科学に立脚して明らかにしようとする研究分野が世界的に台頭してきており、頻繁に国際会議が開催されるようになってきている。**その一つは、アクティブマターと呼ばれる分野であり、非平衡系で自己駆動する一連の物質を統一的に扱おうとする世界的な潮流の一つであり、非平衡統計力学とソフトマター物理が融合する形で急速に発展しつつある。他の一つは、物質と生命の境界を物質科学の立場から探る挑戦であり、生命としての基本的性質を有する細胞を人工的に合成することで、生命の理解に迫ろうとするアプローチである。これは、生命の起源の解明にもつながる、科学の最も基本的な挑戦の一つである。実際に、化学の分野でも、基本的分子群を用いて生命としての最低限の機能を有する細胞を人工的に合成し、生命の本質に迫るアプローチが提案されている。最近、DNAを内包したモデル膜系で、ベシクルとDNAの全体が自己増殖する現象が日本で実現され、生命と物質の垣根を崩す研究が加速している。

関連する現行のプロジェクトとして、分子レベルの創発現象と非平衡現象を対象とする新学術領域研究「分子ナノシステムの創発化学」や、人工細胞やマイクロ流路反応の制御を目指すERATO「動的微小反応場プロジェクト(四方)」などがある。これらは一部本申請と関連するテーマを含んでいるが、本申請のように対称性の破れを伴う構造形成と非平衡ゆらぎの普遍性に焦点を当て、理論と実験の精鋭を集めて計画班員を組織し、有機的な連携に適した規模で運営される、分野横断的研究領域は他にない。**本領域では、非平衡ゆらぎとメソ構造ダイナミクスを中心課題に、物理学を土台として非平衡系の普遍法則の解明のため、複数分野の共同研究により相乗効果を生み出すことを強く意図している。**国際的趨勢からメソスケール非平衡系の制御と普遍法則に関する研究が大きく開花する可能性があり、国内の関係する研究者を挙げて取組む意義は大きい。

2 領域推進の計画・方法

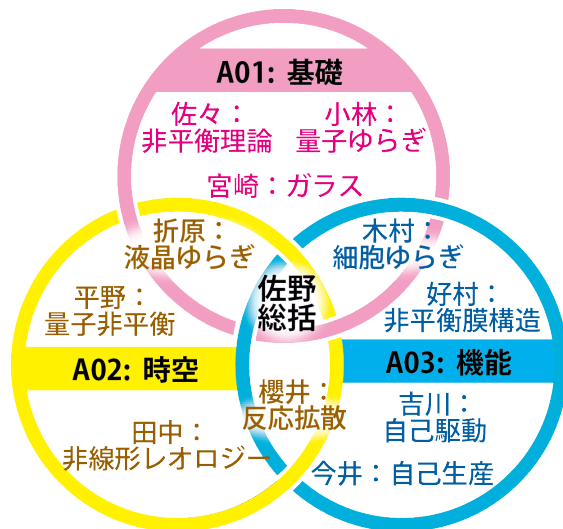
(1) 領域推進の計画の概要

基本的な研究戦略

本研究領域では、様々な物質の非平衡状態における普遍法則の解明に向けて、理論と実験の総力をあげて取り組む。一方、多彩な物質群と広範な非平衡現象を全てカバーすることは不可能である。そのため、近年の研究動向からその進展が期待される、**非平衡ゆらぎと構造が不可分に関わる現象と法則、その展開に焦点を絞り、3つの班を編成する**。3つの班はそれぞれ主として、比較的単純な物理系、連続な場として扱える系、やや複雑な複合系を対象とし、それぞれの系でゆらぎと構造に関わる未解決問題にアプローチする。具体的には、ゆらぎと非平衡構造の普遍法則に迫る「**基礎班**」、ゆらぎと構造の時空間秩序が持つ多様性と普遍性の解明を目指す「**時空班**」、ソフトマター複合系を用いてゆらぎと構造が機能として具体化される実験系を開拓する「**機能班**」の3班構成とする。各班とも、革新的な実験技術と先導的な理論の連携により、で述べる具体的な問題に取り組むが、各班を有機的につなぎ、連携を積極的に進めるために、特に、任意の2つの班間をつなぐ研究テーマを担うグループを各班に配置する。それにより、単純な系から複合系、法則から機能創成までをシームレスにつなぐ融合研究を展開する。このように、各分野の実験のエキスパートと理論を組み合わせ、非平衡ゆらぎと構造を軸とした分野横断的な研究を推進することで、個別研究の単なる和ではない協奏効果による研究の飛躍的發展を目指す。

領域における具体的な研究内容

・A01 基礎班(ゆらぎと構造の普遍性探索)



A01班では、古典系および量子系に対して、非平衡ゆらぎの新しい普遍性を発見・確立するとともに、多彩な物質群が示す現象をゆらぎと構造の普遍法則にもとづいて理解する。例えば、固体量子素子における電流ゆらぎ(小林、齊藤)、コロイド多体系やソフトマター界面におけるミクロ・マクロゆらぎ(佐野)、さらに班をまたがり、バルク系でゆらぎが顕著に表れる液晶の配向ゆらぎ(A02:折原)、バイオマターの自発ゆらぎ(A03:木村、水野)などがその典型的な対象となる。また、非平衡関係式の連続系への拡張や情報のやりとりを含む非平衡熱力学の定式化を発展させ(佐々、中川、沙川)、液晶ゆらぎなどの連続場や、非平衡界面ゆらぎの理論と実験(笹本、竹内)、微小系の制御実験(佐野)との定量的な比較を行う。さらに、ガラス系の特異な振る舞いを、隠れた構造によって引き起こされる極端に

遅いゆらぎのダイナミクスとして捉え、他の系にも適用できるアイデアを提出する(宮崎、吉野)。

・A02 時空班(メソスケール構造と非平衡ダイナミクスの協奏)

A02班では、冷却原子気体や液晶、エマルション、反応拡散系など連続場として表わすことが可能な物理系における非平衡構造のダイナミクスとミクロ・マクロのゆらぎの観測・理論から、オーダーパラメータのある系に特徴的なゆらぎと構造の法則に迫る。例えば、界面ダイナミクスや渦構造(トポロジカル欠陥)が支配する動的秩序は、冷却原子系、液晶、反応拡散系などに共通して出現し、保存量の有無やオーダーパラメータの性質などを指定することで、横断的かつ統一的に捉えることが可能である。非平衡状態での輸送現象やレオロジー特性を統一した視点から捉える枠組みの構築に取り組む(田中)とともに、ソフトマターの非平衡ゆらぎと応答関数を測定する新規装置を開発し、非平衡ゆらぎの測定手法の確立を目指す(折原)。また、微小空間での非平衡構造を探索し(櫻井、北畑)、原子間相互作用にまで及ぶ高精度の制御とその効果を明らかにし(平野)、ゆらぎと非平衡構造の相互作用が細胞の機能として現われるメカニズムを解明する(澤井)など、先端的な研究テーマを推進する。

領域推進の計画の概要（つづき）

・ **A03 機能班（複合ソフトマターのゆらぎと構造から機能へ）**：A03 班では、ソフトマター分子集合体におけるゆらぎとメソ構造の協奏から生じる現象に焦点を当て、時空間秩序形成がマクロゆらぎや自己駆動、自己生産、自己複製などの機能へと転化するメカニズムを明らかにする。具体的には、細胞内での生命活動により引き起こされるゆらぎとその力学応答の関係を直接測定し、細胞内での非平衡統計力学の確立を目指す（木村、水野）。その上で代謝的な化学反応のゆらぎが系の自己生産や自己駆動等の機能発現を引き起こす現象の解明を通して、情報分子の自己複製をベシクルの自己生産と結合させた自律的生産系の実現を目指す（今井、豊田）とともに、DNA やタンパク質から細胞組織に至る階層的生命現象が示す特質を時空間秩序の自己生成の立場から迫る（吉川、鶴山、市川）。上記実験的な取り組みをベースに膜の非平衡構造の新奇なダイナミクスを記述する理論的枠組みを生命系に不可欠な流体力学的相互作用に焦点を当てて構築する（好村、野口、芝）。この様な研究の連携により、今まで未開拓であった生命機能に結びつく新しい非平衡統計力学の基礎を築く。

各研究項目の必要性

このように、非平衡ゆらぎの普遍性を検証するために、**単一粒子系を超えて、ゆらぎが顕著でかつ精密な制御が可能な物質群（固体量子素子、ソフトマター、バイオマター）への適用を行う必要がある**。また、相互作用が制御可能で非平衡界面のダイナミクスを実現できる冷却原子系は理想的な量子系であり不可欠である。さらに、単純な物質が非平衡性を獲得することにより、自己組織、自己駆動、自己増殖という生命現象に繋がる機能を発現する過程を物理学によって明らかにするためには、**物質に近いアクティブマターの研究から、非平衡状態を維持する人工細胞モデルの実験、実際のバイオマターの実験までの連続的な研究計画が不可欠である**。

各計画研究間での有機的連携を図るための具体的方法

・ **班を超えた連携：非平衡の基礎理論と精密実験の連携**

本領域では、統計力学分野における非平衡基礎論の専門家、厳密解などの数理物理的手法を駆使する理論家、ソフトマター理論のエキスパート、大規模散逸粒子系の理論や生体物質の大規模数値シミュレーションの専門家など、理論的にも多彩かつ強力なメンバーを結集している。理論グループは、班間を横断して共同研究を進め、実験の各計画研究間の有機的連携を促進する。例えば、非平衡ゆらぎの普遍性は、量子電子素子（A01:小林）、液晶（A02:折原）、バイオマター（A03:木村）の実験に共通して現われるはずであり、ゆらぎによって全てを束ねるというスローガンの下、理論との緊密な連携により、班を超えた連携研究を行う。また、A01 と A02 をつなぐ研究として、液晶場の非平衡ゆらぎの精密測定（折原） A02 と A03 を結びつけるものとして、小さな反応拡散系における秩序形成から細胞機能へとつなげる研究（櫻井、澤井） A03 と A01 をつなぐものとして、細胞骨格の自発ゆらぎと揺動散逸関係の破れ（木村、水野）などのテーマを配置している。

・ **「ゆらぎ」と「構造」を統合するための融合研究**

メソスケールでは、構造そのものがゆらぎ、ゆらぎそのものが構造を持つため、ゆらぎと構造は不可分であり、本領域のメンバーの多くは、ゆらぎと構造の両方の問題を扱っている。ガラスや液晶は、非平衡状態で構造そのものがゆらぎ系である。また、微小な非平衡系の自己駆動運動（吉川、豊田、佐野）やバイオマターの非熱的ゆらぎの研究（水野）は、揺動散逸関係の拡張と時空間構造の発生過程の双方を扱うため、ゆらぎと構造の問題を統一的に扱う上で理論的にも絶好のテストケースとなるだろう。さらに、ゆらぎと構造の連関が生命機能につながるという観点からは、より単純な物理系であるアクティブマターにおけるゆらぎと構造（吉川、佐野、田中）を理解し、その上で最も複雑な、細胞の変形運動をリン脂質の反応拡散波の渦中心のゆらぎから解明する研究（櫻井、澤井）を推進することで、大きな連携の核が生まれると考える。

年度ごとの研究計画・方法

初年度に立ち上げの公開シンポジウムを開催。26 年度には、新装置による非平衡ゆらぎの精密測定や構造変化に関する本格的な実験を開始する。平成 27 年度には、中間まとめを兼ねた国際会議を、29 年度には、最終的なまとめとしての国際会議を開催し、成果を世界に発信する。

(3) 公募研究の役割

計画研究を補完し、領域の裾野を広げるために、計画研究メンバーとともに研究の頂点を目指すことのできる、実績ある研究者を公募研究により採択する。同時に、優れた研究の萌芽が見られ、非平衡研究の新しい局面を切り拓くことが期待される若手研究者や、他分野で非平衡科学の手法を生かし、独創的な研究を行っている研究者を採用することにより、研究全体の厚みと幅を増し、領域が目指す目的に向けて全参加研究者の努力を収斂させてゆく。

実験・理論の若手優先枠の設置

当該分野では、若手でまだ常勤ポストに達しないが、極めて優秀な人材が育っていることなどに配慮し、優れた若手の研究者を積極的に支援することを心がける。また、非平衡分野は、アイデア次第では、テーブルトップの実験でも一般社会の関心を集めたり、基本的でありながら未解決の問題の打開に端緒を開くことが可能な分野でもある。従って、小規模でもインパクトのある研究を評価できる体制が必要である。そのため、実験の公募研究では予算額に2つの枠を設け、一つの枠では若手による研究や斬新なアイデアによる研究を優先的に採用するものとする。具体的には、年間500万円と300万円の枠をそれぞれ5件(計10件)公募し、2つの枠を異なった基準で審査することにより、若手や斬新な研究を優先的に採択する仕組みを盛り込む。理論に関しては、年間150万円の枠で10件、合計で20件の公募を行う。

他分野への波及

日本の非平衡非線形分野の研究者の幅は極めて広く、伝統的な非平衡統計力学に加え、従来の枠に収まらない新しい分野も数多く生まれている。例えば、粉体粒子系などの散逸多体系やガラスの非平衡ダイナミクスに関する実験、振動子系や大自由度力学系など、非平衡非線形に関する諸分野があり、多くの研究者が活発な活動を行っている。また、他分野への波及も多岐にわたり、ソフトマター分野にまたがる化学物理分野や、生物物理分野の一部、流体や複雑系分野、材料科学分野の他、最近では素粒子、宇宙論、原子分子の分野でも非平衡統計力学を用いた解析が行われ始めている。上記の2種類の公募枠により、他分野の研究者への波及効果が期待できる。一方で、新学術領域研究の課題として5年間という制約の中で相応の成果を出すためには、応募数が多くとも採択数を絞ることを念頭において、真に質が高く意欲的な計画を精選する。

(4) 研究支援活動の必要性

本領域では、多彩な物質と各種の測定技術を用いて、非平衡ゆらぎの測定と構造変化ダイナミクスの観測を行い、理論と実験の緊密な連携のもと研究を推進する。そのため、総括班が中心となり、理論と実験、計画研究と公募研究を有機的に結び付けた融合研究を支援する。

特殊装置の共同利用の促進

アクティブ・パッシブ・マイクロレオロジー測定装置など特殊な装置で、かつ他の研究グループや公募研究において特に使用希望の多いものについては、総括班が積極的に仲介して、装置を保有するグループとの共同研究や技術指導を行い、装置の有効利用を図る。

企画委員会：テーマ別ワークショップ、勉強会開催

企画実行委員会は、せん断流下のソフトマターのゆらぎを測定する装置(折原)、冷却原子系の可視化(平野)などに関する見学会や講習会を班会議などと併せて開催し、異分野間の技術交流を行う。また、最新の理論に関するテーマ別のワークショップや若手・大学院生のための勉強会を企画し、実行する。