

機関番号：14301

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006～2010

課題番号：18068013

研究課題名（和文） 非平衡ソフトマター物理学の創成に関する総括研究

研究課題名（英文） Overview study on the creation of non-equilibrium soft matter physics

研究代表者

太田 隆夫 (OHTA Takao)

京都大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：50127990

研究成果の概要（和文）：

本特定領域研究総括班は、研究計画全般を円滑に推進するために、「分子凝集構造のダイナミクス」、「構造転移のダイナミクス」、「非平衡構造のダイナミクス」、「理論・モデリング」の4つの研究項目を設定し、計画全体を大局的な視点から企画、指導、評価して必要な調整を行い、互いの連携を図りながら、一つの学際領域を確立した。また、計画研究では欠けている部分を公募研究によって補足しながら、領域全体として大きな展開を図り、新しい研究分野を開拓した。具体的には、研究成果の情報交換を目的とした研究会の開催や、ホームページの運営、報告書の作成、出版などの広報活動を行った。

研究成果の概要（英文）：

In order to establish a new research field, the management group of Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Area “Creation of non-equilibrium soft matter physics: Structure and dynamics of mesoscopic systems” has been responsible for conducting four subgroups of the network project, i.e., “Molecular dynamics in structure-forming dense polymer systems”, “Dynamics of mesoscopic structural transitions”, “Dynamics of non-equilibrium structure”, and “Theories and modeling”. The public participation research which consisted of more than 50 groups has been led by the management group as well. For the purpose of promoting the network activity, the management group organized various kinds of meetings, symposiums, and workshops. The management group also kept the website of the network and prepared several reports.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
18年度	3,600,000	0	3,600,000
19年度	6,700,000	0	6,700,000
20年度	8,700,000	0	8,700,000
21年度	6,700,000	0	6,700,000
22年度	8,000,000	0	8,000,000
総計	33,700,000	0	33,700,000

研究分野：相転移理論

科研費の分科・細目：物理学、化学物理・生物物理

キーワード：非平衡、ソフトマター、メソスケール、ダイナミクス、制御

1. 研究開始当初の背景

ソフトマターとは高分子、液晶、両親媒性分子、コロイド、エマルジョン、生体物質などの柔らかい物質群に対する総称である。ソフトマターは食品、化粧品、電子製品などで使われており、

我々の日常生活において欠かせない物質である。伝統的なソフトマターの研究は平衡状態に力点を置いたものが多かった。そのため、研究開始当初において、流動場、電場、磁場、力学場、光などの外的刺激に対する柔らかい分子集

団の構造形成と、それによってもたらされる非平衡状態を解明することがソフトマターにおける中心的課題であると考えられた。そこで、実験、理論、計算機シミュレーションを用いたメソスコピック系の構造とダイナミクスの基礎的研究を行う必要があった。

具体的な課題として、以下のものが想定された。

(i) 実験的手法とシミュレーションなどの理論的手法に基づき、分子ダイナミクスと構造形成のダイナミクスのカップリングの詳細を明らかにする。(ii) ソフトマターのメソスコピック構造に外から刺激を加えたときに観察される、様々な秩序構造相転移のダイナミクスを解明し、メソスコピック構造制御の新しい方法論の確立を目指す。(iii) ソフトマターが非平衡状態下で発現する非線形応答や時空間構造、非平衡ゆらぎを実験で検証、測定するとともに、メソスケールの構造変化とゆらぎを取り入れた理論構築を行うことによって、階層をまたぐ非平衡構造形成のメカニズムを解明する。(iv) 実験グループと理論グループの共同研究により、それぞれの問題に最適な理論的解析手法とシミュレーションモデルを構築する。

本特定領域研究では、ソフトマター物理学と非平衡物理学の融合的研究により、非平衡ソフトマター物理学という新しい学問分野が創成することを最終的な目標とした。マイクロとマクロの中間の長さをもつメソスコピック系の諸性質を解明することは、その構造の効率的かつ能動的な制御につながり、21世紀の様々な産業に資することが期待される。

2. 研究の目的

本特定領域研究「非平衡ソフトマター物理学の創成：メソスコピック系の構造とダイナミクス」における総括班の役割は、研究計画全般を円滑に推進し、設定された研究のテーマ間の有機的連携を図り、一つの学際領域を確立するために、研究計画に対する調整や適切な助言を行うことである。そのために、各研究項目の班総括担当者、領域代表補佐、事務担当者に加えて、関連分野で造詣の深い研究者に評価者として参加していただき、全体の研究企画の策定やとりまとめなどを通じて領域を牽引していく。非平衡ソフトマター物理学の創成を目指して、計画研究および公募研究に対して共同研究や研究連携を促し、優れた成果を得ようリーダーシップを発揮する。

総括班は領域全体の研究方針を策定するとともに、計画研究グループおよび公募研究グループ相互の企画調整を行う。また、総括班は研究成果の情報交換のための研究会や公開シンポジウム、国際シンポジウム、班会議などの開催や、報告書、ニュースレターの作成などの広報活動を推進する。さらに、ホームページの運営を通じて、研究活動の積極的な発信を行う。このようにして総括班は多様な研究対象をもつ研究者集

団をとりまとめて、新しい学問領域を創成することに貢献する。

本特定領域研究では、全体の研究内容を「分子凝集構造のダイナミクス」、「構造転移のダイナミクス」、「非平衡構造のダイナミクス」、「理論・モデリング」の4つの研究項目に分類し、更にそれぞれを4つの計画研究に分割している(16研究グループ)。また、計画研究では欠けている部分を公募研究によって補足しながら、領域全体としてのさらに大きな展開を図り、新しい研究分野を開拓していく。総括班は、個々の研究者の問題意識を尊重しながら、共同研究や研究連携を促し、研究者間交流を強化する。

本特定領域研究は、ソフトマター物理学と非平衡物理学の融合的研究により、外場に対する柔らかい分子集団の構造形成と、外場によってもたらされる非平衡状態を解明することを目的としている。複雑な現象の中から粗視化された内部構造を抽出し、ソフトマターの非平衡現象や構造流体の流動機構を解明するという普遍的手法を確立する点が独創的である。このマイクロからマクロへと階層を横断する普遍的な方法論に立脚し、ソフトマターにおけるメソスコピック構造の制御を目指した、実験・理論・計算機シミュレーションによる構造とダイナミクスの基礎的研究は国内外では例がなく、これを本特定領域研究で推進することは意義深い。

3. 研究の方法

本特定領域研究における総括班は、領域代表者1名、各研究項目の班総括担当者4名、領域の研究方針の策定者1名に加えて、研究協力者として事務担当1名、領域代表補佐の1名、および随時参加していただく4名の評価者を加えた合計12名で構成されている。総括班は全体的計画、ならびに16テーマの計画研究と公募研究を統括する研究方針の策定を行って、領域全体の調和と個別テーマの推進を図る。そのために定期的な班会議、領域研究会、公開シンポジウムや国際シンポジウムなどを開催した。総括班は班内、班間の連携のみならず、個々の研究グループと総括班の間で直接的な意見・情報交換を密に行い、ソフトマター物理学と非平衡物理学を融合した新しい学問分野の創成を目指した統合的活動を行った。

具体的には、研究項目間の連携活動の調整、総括班会議、領域研究会、公開シンポジウム、若手勉強会の開催、ホームページの運営、ニュースレターや印刷物の発行、活動全体のとりまとめなどを行った。また、紙ベースの資料として、班員名簿、研究会要旨集、研究成果報告書などを作成し、印刷および関係者への送付を行った。平成22年度は本特定領域研究の最終年度に相当するため、5年間の活動全体のとりまとめを行い、最終的なアウトプットに結びつけた。

4. 研究成果

上記の計画に従って、以下の項目を実施した。

(1) 総括班会議および事務連絡会の開催

本特定領域研究の発足直後、計画研究の研究代表者と研究分担者全員に本特定領域研究の目的を浸透させることを目的として、事務連絡会を開催した。

- 第1回事務連絡会 平成18年9月9日 13:00～17:00 京都大学基礎物理学研究所
また、全体を通じて以下の20回の総括班会議を開催して、領域全体の推進方針の策定や様々な企画の立案を行い実施してきた。
- 第1回総括班会議 平成18年12月23日 12:30～14:00 熱海市 KKR ホテル熱海
- 第2回総括班会議 平成19年3月16日 12:00～13:00 東京大学
- 第3回総括班会議 平成19年4月14日 13:00～17:00 東京大学
- 第4回総括班会議 平成19年6月23日 12:00～13:00 米沢市 伝国の杜
- 第5回総括班会議 平成19年8月25日 13:00～17:00 東京大学
- 第6回総括班会議 平成20年1月8日 12:00～13:00 名古屋大学
- 第7回総括班会議 平成20年4月12日 13:00～17:00 東京大学
- 第8回総括班会議 平成20年8月23日 13:00～17:00 東京大学
- 第9回総括班会議 平成20年10月18日 13:30～17:00 東京大学
- 第10回総括班会議 平成21年1月9日 13:00～14:00 九州大学
- 第11回総括班会議 平成21年1月16日 13:30～18:00 東京大学
- 第12回総括班会議 平成21年3月31日 13:00～17:00 東京大学
- 第13回総括班会議 平成21年6月13日 13:00～17:00 東京大学
- 第14回総括班会議 平成21年7月3日 13:00～15:00 北海道大学
- 第15回総括班会議 平成21年8月19日 13:00～16:00 東京大学
- 第16回総括班会議 平成21年11月21日 12:20～13:20 京都大学
- 第17回総括班会議 平成22年4月17日 14:00～17:00 東京大学
- 第18回総括班会議 平成22年7月24日 14:00～17:00 東京大学
- 第19回総括班会議 平成22年10月2日 14:00～17:00 東京大学
- 第20回総括班会議 平成23年1月8日 12:00～13:00 東京大学

(2) 班会議の開催

各研究項目(班)内での情報交換と研究連携の

強化のために、4名の班総括担当者のリーダーシップのもとで計7回の班会議が開催され、学術的な討議と情報交換を行った。

- A02 班 平成20年5月16～17日 お茶の水女子大学
- A03 班 平成20年5月17～18日 東京大学
- A01 班 平成20年5月27日 東京大学
- A04 班 平成20年7月10～11日 東北大学
- A03 班 平成22年3月12～13日 京都大学
- A02 班・A04 班 平成22年3月26～27日 お茶の水女子大学
- A01 班 平成22年4月3日 京都大学

(3) 領域研究会の開催

総括班の主催により、5回の領域研究会を開催した。

- 第1回領域研究会 平成18年12月21～23日 熱海市 KKR ホテル熱海
- 第2回領域研究会 平成19年6月21～23日 米沢市 伝国の杜
- 第3回領域研究会 平成21年1月7～9日 九州大学 西新プラザ
- 第4回領域研究会 平成21年7月1～3日 北海道大学 学術交流会館
- 第5回領域研究会 平成23年1月6～8日 東京大学 弥生講堂

これらの領域研究会において最新の研究成果を報告し、討議を通して理解を深めた。計画研究と公募研究を含めた領域全体での研究情報の交換を促進し、共同研究や研究連携の推進に努めた。

(4) 公開シンポジウムの開催

総括班の主催により、3回の公開シンポジウムを開催した。

- 第1回公開シンポジウム 平成19年3月15～16日 東京大学 参加者164名
- 第2回公開シンポジウム 平成20年1月7～8日 名古屋大学 参加者136名
- 第3回公開シンポジウム 平成21年11月20～21日 京都大学 参加者166名

これらの公開シンポジウムでは、本特定領域研究が関わるソフトマター物理における最新の話題を提供するとともに、若手研究者を中心にした活発な議論を通して研究の交流を図った。

(5) 国際シンポジウム・ワークショップの開催

以下の国際シンポジウムやワークショップでは海外のソフトマター物理の若手研究者を数多く招聘し、最新の情報を交換するとともに、本特定領域研究の成果を海外に向けて積極的に発信した。

- International Workshop on Physical Phenomena in Multi-Component Membranes

平成20年3月17～19日 首都大学東京
参加者35名

- International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 平成20年6月2～5日 京都大学 参加者211名 (本特定領域研究主催の重要行事)
- Bio-Soft Matter Workshop 平成20年6月9～10日 東京大学 参加者75名
- Workshop on Active Matter -Physics and Biokinetics- 平成21年7月24～25日 東京大学 参加者40名
- International Workshop on Dynamic Cross-Effect in Softly Condensed Matter 平成21年11月4～5日 国立情報学研究所 参加者33名
- International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010 平成22年8月17～20日 奈良県新公会堂 参加者218名 (本特定領域研究主催の重要行事)
- Granek Symposium on Membrane Dynamics 平成23年3月10日 首都大学東京 参加者10名

(6) 若手勉強会の開催

助教、博士研究員、大学院生らの研究活動の活性化や人材育成を目的として、以下の4回の若手勉強会を開催した。

- 第1回ソフトマター物理若手研究会 平成19年8月27～29日 宮島 参加者79名
- 第2回ソフトマター物理若手研究会 平成20年8月21～22日 東京大学 参加者71名
- 第3回ソフトマター物理若手研究会 平成21年9月2～4日 筑波大学 参加者75名
- 第4回ソフトマター物理若手研究会 平成22年11月12～13日 大阪大学 参加者79名

(7) ホームページによる情報発信

我々はホームページによる情報発信の重要性を強く認識しており、本特定領域の発足時からホームページを開設し(<http://softmatter.jp/>)、広く研究情報の公開を行ってきた。例えば、本特定メンバーの研究成果(原著論文・総説解説、著書、国際会議、特許)はリアルタイムで公表される仕組みを構築してきた。その結果、平成18年9月のホームページ開設時から、平成23年4月22日までに93312件のアクセスを得た。海外からの本ホームページへのアクセスも非常に多く、本特定領域研究の活動は国際的な注目を集めた。

(8) ニュースレターの発行

本特定領域の活動内容についてはニュースレター(No.1～No.23)として、随時ホームページ上で公開した。

(9) 年度別研究成果報告書および研究成果報告書(冊子体)の作成

本特定領域研究の各年度の研究活動および研究成果は、平成18年度研究成果報告書、平成19年度研究成果報告書、平成20年度研究成果報告書、平成21年度研究成果報告書(すべて文部科学省に送付済)にまとめた。また、平成22年度には、5年間の全ての研究活動をまとめた研究成果報告書(冊子体)を作成するために、メンバーの研究成果、本特定領域研究内での共同研究や研究連携などのとりまとめを行った。

(10) 出版

総括班が主体となり、以下のような出版を行った。

- 平成20年に開催した国際シンポジウム International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter の学術的記録を、平成20年に Progress of Theoretical Physics の SUPPLEMENT として出版(下図左)
- 平成20年に開催した国際会議 Knots and Soft Matter Physics の学術的記録を、平成21年に「物性研究」からプロシーディングスとして出版
- 平成21年に Journal of the Physical Society of Japan において Physics of Soft Condensed Matter という特集を組み、本特定領域研究の成果の一部を出版
- 平成22年に「機能材料」において「ソフトマター研究の最前線」という特集号を出版(下図右)
- 平成22年に開催した国際シンポジウム International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010 の学術的成果を、平成23年に Journal of Physics: Condensed Matter から出版予定
- 本特定領域研究の中心的な成果をまとめた Non-Equilibrium Soft Matter Physics という本を、平成23年に Series in Soft Condensed Matter (World Scientific) のシリーズとして出版予定

5. 主な発表論文等

総括班では研究は実施していないため、ここでは、総括班が主体となつてすでに出版した印刷物のリストを載せる。

- ①「機能材料」2010年7月号「特集 ソフトマター研究の最前線」
- ② Journal of the Physical Society of Japan, Vol.78, No.4 (2009) SPECIAL TOPICS: Physics of Soft Condensed Matter
- ③ Progress of Theoretical Physics, Supplement, No.175 (2008) Non-Equilibrium Soft Matter

[その他]
ホームページ等
<http://softmatter.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

太田 隆夫
(京都大学・大学院理学研究科・教授)
研究者番号:50127990

(2)研究分担者

渡辺 宏
(京都大学・化学研究所・教授)
研究者番号:90167164

今井 正幸
(お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授)
研究者番号:60251485

佐野 雅己
(東京大学・大学院理学系研究科・教授)
研究者番号:40150263

川勝 年洋
(東北大学・大学院理学研究科・教授)
研究者番号:20214596

加藤 直(首都大学東京・大学院理工学研究科・教授)
研究者番号:30142003

(3)研究協力者

好村 滋行
(首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授)
研究者番号:90234715

奥藪 透
(名古屋市立大学・大学院薬学研究科・准教授)
研究者番号:10314725