

二国間交流事業 共同研究報告書

平成 23年 4月 13日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 東京大学・大学院理学系研究科

職・氏名 ^(ふりがな) 教授・佐野雅己 ^{さの まさき}

1. 事業名 相手国 (ドイツ) との共同研究 振興会対応機関 (DFG)

2. 研究課題名 非線形科学の革新：連続散逸系のダイナミクス

3. 全採用期間

平成 21年 4月 1日 ~ 平成 23年 3月 31日 (2年 ヶ月)

4. 研究経費総額

(1) 本事業により交付された研究経費総額 5,000 千円

初年度経費 2,500 千円、 2年度経費 2,500 千円、 3年度経費 0 千円

(2) 本事業による経費以外の国内研究経費総額 0 千円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者

氏名 (ふりがな)	所属・職名	研究協力テーマ
佐野 雅己 松下 貢	東京大学大学院理学系研究科・教授 中央大学理工学部・教授	生体系ソフトマターの非平衡ダイナミクス バクテリア集合体と環境相互作用、パターンダイナミクス
太田 隆夫	京都大学大学院理学研究科・教授	ソフトマターのメソフェーズと非平衡ダイナミクスの解明
甲斐 昌一 斎藤 幸夫	九州大学大学院工学研究科・教授 慶應義塾大学理工学部・教授	液晶の非平衡構造とダイナミクスの解明 濃度勾配下における結晶成長
奥園 透 多辺 由佳	名古屋市立大学薬学部・准教授 早稲田大学理工学部・准教授	液晶の非平衡構造とダイナミクスの解明 液晶の非平衡構造とダイナミクスの解明
郡 宏	お茶の水女子大学アカデミックプロダクション・特任助教	振動子集団と環境相互作用とパターンダイナミクス
北畑 宏之	千葉大学大学院理学研究科・准教授	振動子集団と環境相互作用とパターンダイナミクス

(2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名 Max-Planck-Institut für Festkörperforschung・Director・Heiner Müller-Krumbaar

(3) 相手国参加者（代表者の氏名の前に○印を付すこと）

氏名	所属・職名（国名）	研究協力テーマ
○H. Müller-Krumbaar	Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Director	濃度勾配下における結晶成長
Helmut Brand	Universtate Bayreuth, Professor	液晶の非平衡構造とダイナミクスの解明
Harald Pleiner	Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Professor	液晶の非平衡構造とダイナミクスの解明
Alexander Mikhailov	Friz-Harber Institute der Max-Planck-Gesellschaft, Professor	振動子集団と環境相互作用とパターンダイナミクス
Motomu Tanaka	Heidelberg Universtate, Professor	生体分子の非平衡構造とダイナミクスの解明
M. J. B. Hauser	Ott-vov-Güricke Universtate, Professor	パターンダイナミクス、生体系の非平衡ダイナミクス
Hartmut Löwen	Heinrich-Heine-Universität Dusseldorf, Professor	ソフトマターのメソフェーズと非平衡ダイナミクスの解明

6. 研究概要（研究の目的・内容・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

物質の状態とその安定性を規定する平衡熱統計力学は確立しているが、エネルギーや物質の流れが不断に存在する非平衡系の熱統計力学ははまだ発展途上にある。近年、非平衡定常状態に関する発見が相次いでおり、非平衡科学の革新が起りつつある。本研究は、このように近年進展が著しい非線形非平衡物理学の物質科学、生命科学分野への適用を主眼とし、実験分野との緊密な連携のもとに理論の一層の進展を図り、複雑な非平衡現象を記述する物理学のフロンティアを切り開こうとするものである。進展著しい非平衡物理学の分野で極めて特徴的な活躍を果たしている日独2カ国の研究者のネットワークを緊密強固なものとし、さらに実験分野と理論分野の連携を進めることにより、非線形科学の革新を図ることを目的とする。特に、外場に対して敏感な応答を示し、生命科学とも関連が深いソフトマターと非線形非平衡系物理学の融合により材料科学、生命科学の具体的課題に有効な物理学の確立を目指す。そのため、具体的に以下のような課題について共同研究を推進する。

- (1) 液晶の非平衡構造とダイナミクスの解明
- (2) ソフトマターのメソフェーズと非平衡ダイナミクスの解明
- (3) 濃度勾配下における結晶成長のパターンダイナミクス
- (4) 外場下における生体分子の非平衡構造とダイナミクスの解明
- (5) バクテリア集合体、振動子集団と環境相互作用とパターンダイナミクス

これらについて、以下の成果を得た。

液晶の非平衡構造とダイナミクスに関しては、甲斐、Brand, Pleiner 等の共同研究により、液晶エラストマーの X 線解析を液晶メゾゲンの種類と架橋分子濃度を変えて系統的に行ったところ、スメクチック C ガラスや液晶プラスチック相を呈する新しい相が見いだされた。あわせて液晶電気対流についても議論を行い、新しい欠陥構造の発見があった。また、多辺、奥園、Mikhailov, Brand, Pleiner 等は、物質流のある場合のキラル液晶の非平衡ダイナミクスに関して、詳細な議論を行い、ドイツ側 3 人の理論研究者の協力により、キラル液晶の非平衡ダイナミクスと液晶バブルの電気流体力学的不安定性のいずれについても、モデルを組み立てることができた。また液晶バブルの選択的気体透過現象、DC 電場下での発振現象を見出した。結晶成長のパターンダイナミクスに関しては、齋藤と Müller-Krumbhaar は、溶液からのキラルな結晶成長とキラル対称性の自発的破れについて議論し、フェーズフィールド・モデルの共晶系ばかりでなく、包晶系や偏晶系への応用を開始した。振動子集団のダイナミクスに関しては、郡と Mikhailov が、振動子ネットワークのコントロールやロバスト性に関して徹底的な議論を行い、郡の振動の設計原理と Mikhailov 氏の界面ゆらぎの研究と関係性が強いことが明らかとなった。松下は、バクテリアコロニーに関しては、E. coli において新規のリング状パターンやプルーム状の不安定を見出し、ドイツの国際会議において発表と詳細な議論を行った。佐野は、温度勾配中におかれたコロイドの輸送に関して非平衡枯渇効果を発見し、同様のシミュレーションを行っている Loewen とメカニズムに関して詳細な議論を行った。生体系ソフトマターの非平衡構造に関して、太田、佐野、北畑、Mikhailov, Brand, Loewen, Tanaka 等が、それぞれ議論を行い、変形しながら運動する細胞膜のダイナミクスや化学反応を伴う液滴などが数理モデルとして同一に議論できることを確認し、active soft matter の概念の重要性を認識するとともに、外場の中におかれた自己推進粒子ダイナミクスの研究を開始した。この研究は現在、論文として発表準備中である。