

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：12605

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H05093

研究課題名(和文)遅延制御超分子化学の推進

研究課題名(英文)Organization of kinetics-driven supramolecular chemistry

研究代表者

村岡 貴博(Muraoka, Takahiro)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70509132

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,900,000円

研究成果の概要(和文)：領域研究を円滑かつ効果的に推進するために、領域会議と総括班会議を半年ごとに開催し、各計画研究の進捗と方針について議論した。さらに、共同研究を支援する取り組みを通じて、領域研究の目標達成に向けた活動を行った。また、化学、物理学、生物学の各分野で遅延制御に関連する国内外の研究者を招聘し、セミナーを実施した。あわせて、日本化学会、日本蛋白質科学会、日本分子生物学会、日本生物物理学会などで共催シンポジウムを開催し、本領域のコンセプト、取り組み、活動実績を広く報告した。ホームページも開設し、オンライン上での情報発信にも努めた。これらの活動を通じて、異分野連携による遅延制御超分子化学の学理構築を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

総括班活動を通じて、領域内研究者と学生を交えた分野横断研究を推進し、遅延制御による生命現象の理解と、新しい機能性分子開発につながった。領域会議や、学生主体の意見交換会、シンポジウムの開催を通じて、若手研究者の育成と、関連分野の国内外の研究者とのネットワーク構築を行うことができた。また、国内主要学会での共催シンポジウム開催や、ホームページ運営によって、幅広い分野の研究者や、一般の方への遅延制御超分子化学の情報発信を行うアウトリーチ活動を行うことができた。

研究成果の概要(英文)：In order to promote area research effectively, area meetings and general group meetings were held every six months to discuss the progress and policies of each planned research project. Furthermore, activities were carried out to achieve the goals of the area research through initiatives to support collaboration research. In addition, domestic and foreign researchers related to our research in the fields of chemistry, physics and biology were invited and seminars were organized. In addition, joint symposia were held at the Chemical Society of Japan, the Protein Science Society of Japan, the Molecular Biology Society of Japan and the Biophysical Society of Japan, where the concept, approaches and results of activities in this field were widely reported. A website was also set up and efforts made to disseminate information online. Through these activities, we achieved the scientific construction of delay-controlled supramolecular chemistry through collaboration between different fields.

研究分野：生体関連化学

キーワード：遅延制御 超分子化学 タンパク質 フォールディング

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「遅延制御超分子化学」の学理の土台は、生体における遅延制御システムの詳細な姿、機構の解明によって作られる。その上で、得られた姿、機構を模倣し、作業仮説を実証することで学理が構築される。領域代表者村岡は、この生物学と化学を両輪とする組織運営こそが、研究領域推進に必要不可欠であると考え、そのために、研究組織間の連携を強化し、遅延制御超分子化学の学理構築に向けた組織の総合力を発揮するための組織として総括班を設け運営することとした。領域研究を前進させる柱となる3つの計画研究と、それらを包括し学理構築を目指す連携研究課題を据えることで領域としての総合力を発揮する組織を構築し、円滑な運営に導くこととした。

2. 研究の目的

「各計画研究をつなぐハブ」および「組織事務局」として総括班を位置づける。全計画研究が連携して取り組む連携研究課題を推進し、計画研究間の連携の強化、遅延制御超分子化学の学理構築に向けた一体的な組織運営を行う。連携研究課題を中心的に担い、各計画研究をまたいだ横断的な活動を総括班が強力に支援するとともに、この研究遂行を通して、遅延制御超分子化学を担う若手研究者を育成する。事務局として本研究領域の研究方針の策定、成果とりまとめと発信、国際的かつ多分野の領域形成に向けた共同研究・広報活動、領域外評価助言者との意見交換を通して研究領域を推進する。

3. 研究の方法

1) 研究方針の作成

領域代表者村岡が中心となり、全総括班メンバーとともに総括班会議を定期的に開催し、最新情報の共有、課題の分析と整理を行う。

2) 企画調整

領域会議（半年毎）、国内外での研究領域形成に向け国内シンポジウム（2022年度夏）、国際シンポジウム（2023年度夏）を企画する。遅延制御、速度論支配、非対称形に関連する生物学、化学、物理学、計算科学研究者を含めてシンポジウムを開催し、様々な自然科学分野への遅延制御超分子化学の波及と概念共有、可能性の追求を目指す。Web会議も活用し、コロナ禍においても効果的に実施する。

3) 各計画研究との連携と連携研究課題の推進

総括班が軸となり、連携研究課題をハブとした各計画研究間の連携を強化する。各計画班をつなぐ連携研究を推進するとともに、「遅延制御超分子化学」を担う次世代の若手研究者を育成する。領域研究を前進させる縦糸を成す3つの計画研究に対し、それらを包括し学理構築を目指す横糸としての連携研究課題を総括班が推進ことで、領域としての総合力を発揮する組織運営を行う。

連携研究課題「遅延制御超分子化学の追求」：領域を構成する化学、生物学、計算科学の全研究者が共通概念のもと連携して推進する。化学的な分子間相互作用の知見、生物学的機能、計算科学による高い時間・空間分解能による可視化により、自然界におけるボトムアップ型構造構築の普遍的原理である遅延制御超分子化学を追求し、理解し、学理を構築する。

4) 研究領域における研究評価

各計画研究の達成目標の到達に向け進捗状況の評価する。最終年度では、意欲的展開を高く評価する。

5) 成果の発信

HP、科学雑誌、シンポジウムなどを活用し、社会、産業、学界へ発信する。多くの研究者と社会への広報活動を積極的に行い、国際的なプレゼンスを高める。

6) 知財

領域研究での発明を積極的・戦略的に特許出願する。

7) 評価助言を受ける体制

本研究領域に関連する生物学から化学にまたがる各分野で世界的に先導する以下の研究者から評価助言を受ける体制である。相田卓三教授（東大）、稲葉謙次教授（東北大）、山東信介教授（東大）、養王田正文教授（東京農工大）。

4. 研究成果

〈総括班会議・領域会議〉

2022年3月15日、2022年7月3～5日、2022年12月1～3日、2023年7月7～10日、2023年12月8～11日の日程で、いずれも学術調査官にオンラインにて同席頂きながら、総括班会議ならびに領域会議を行った。

総括班会議は、代表者村岡を中心に、分担者奥村・齋尾とともに共同研究推進のための支援、シンポジウム開催のための企画調整や情報発信の取り組みについて話し合った。

領域会議では、各計画研究の代表者および分担者から進捗の報告を受け、研究課題や今後の計画などについて議論した。また領域内のスタッフ、博士研究員、学生がポスター発表する時間を設け、分野の異なる研究者同士での face-to-face での議論を通じた共同研究の発展につながる土壌とした。また、教員と学生が直接話し合うことで、普段気づかない異なる角度からの研究の理解を得るきっかけを通じて、若手研究者をエンカレッジする機会にもなったと考えている。

学術調査官から、領域の運営についてアドバイスを受け、領域推進に積極的に反映した。

〈シンポジウム開催〉

領域研究に関連する最新の知見を得るとともに、研究の発展と新しい共同研究実施につながる機会として、国内外の研究者を招聘し、シンポジウムを開催した。学生も含む領域内メンバーから活発な質問が出るなど、充実した議論を行うことができた。

国際シンポジウム開催実績

- 2022/1/19 Protein and Cell Science in Brain: Sleep and Neurodegeneration
Prof. Tomomi Tsunematsu (Tohoku University)
Prof. Young-Ho Lee (Korea Basic Science Institute, Korea)
- 2022/7/20 Structure analysis of amyloid fibril β -sheets using vibrational spectroscopy
Prof. Hirotsugu Hiramatsu (National Yang Ming Chiao Tung University, Taiwan)
- 2022/9/2 International Symposium on Unfolded Proteins, Protein folding, and Disease-causing Aggregation
András Micsonai (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)
Ayyalusamy Ramamoorthy (University of Michigan, USA)
Hyeong-Geol Shin (Johns Hopkins University, USA)
Je Min Yoo (BioGraphene Inc., USA)
József Kardos (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)
Masaki Okumura (Tohoku University, Japan)
Nikoletta Murvai (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)
Shingo Kanemura (Kwansei Gakuin University, Japan)
Takahiro Muraoka (Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan)
Tamás Molnár (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)
Tomohide Saio (Tokushima University, Japan)
Young-Ho Lee (Korea Basic Science Institute, Korea)
Yunseok Heo (Korea Basic Science Institute, Korea)
Yuxi Lin (Korea Basic Science Institute, Korea)
- 2023/7/25 International Symposium on Kinetics-Driven Supramolecular Chemistry
Prof. Sebastien Lecommandoux (Bordeaux University, France)

国内シンポジウム開催実績

- 2022/4/26 松岡 礼 先生 (Stockholm University)
- 2023/3/16 垣花 太一 先生 (新潟大学)
- 2023/8/4 齋藤 康太 先生 (秋田大学)
- 2024/2/27 小杉 貴洋 先生 (自然科学研究機構分子科学研究所)

〈ホームページ〉

領域活動と研究成果、シンポジウム開催のアナウンス、ならびに領域内研究者の活躍を情報発信するメディアとして、2021年11月中旬にホームページを開設した

(<https://web.tohoku.ac.jp/KineticControl/>)。領域概要、班構成、研究成果、領域活動について随時更新し、遅延制御超分子化学の学理発信と取り組みについて、広い分野の研究者と一般の方々へ情報発信した。

〈共催シンポジウム・ワークショップ開催実績〉

- 2021年11月30日 キックオフシンポジウム
- 2022年6月8日 蛋白質科学会ワークショップ
「キネティクスから理解する生命システム」
- 2022年9月29日 生物物理学会シンポジウム
「生物物理学による脳の理解と化学的再生」
- 2022年11月30日 分子生物学会年会シンポジウム
「フォールディング異常と脳機能障害の理解」
- 2023年3月25日 日本化学会春季年会シンポジウム
「蛋白質ダイナミクス化学:蛋白質の動きを捉え操る化学と材料科学」
- 2023年7月5日 蛋白質科学会ワークショップ

- 「遅延制御による相分離現象の理解」
2023年12月7日 分子生物学会年会シンポジウム
- 「遅延制御による脳機能障害および神経変性疾患の理解」
2024年3月20日 日本化学会春季年会シンポジウム
- 「遅延制御超分子化学」成果報告会 ～遅延から創る生命機能と高次構造～

〈学術変革領域研究間研究会開催実績〉

- 2022年1月26日 学術変革領域研究(B)「糖鎖ノックイン領域」との合同研究会
- 2022年4月11日 学術変革領域研究(B)「SPEED」、「ヘテロ群知能」領域との3領域分野横断研究会
- 2023年9月11日 学術変革領域研究(B)「多元応答ゲノム」、「脳分子探査」領域と3領域分野横断研究会

〈アウトリーチ〉

東北大学 馬淵が中心となり、2022年3月28日から30日にかけて、分子動力学法に関するインターナショナルシンポジウムを開催し、大学生や高専生に最新の計算科学研究にふれる機会を提供した。

〈受賞・奨学金〉

- A01 齋尾研究室
- 熊代 2023年度 日本学術振興会特別研究員PD
- 齋尾 2023年度 徳島大学学長表彰（外部資金獲得）
- 加藤 2023年度 徳島大学医学研究実習 優秀賞
- 川越 2023年度 徳島大学先端酵素学研究所シンポジウム 優秀ポスター賞
- 川越 2022年度 第22回 日本蛋白質科学会年会 学生口頭発表賞
- 高 2022年度 徳島大学医学研究実習 ピアレビュー賞
- 松崎 2022年度 第15回小胞体ストレス研究会若手の会 優秀発表賞
- 齋尾 2022年度 徳島大学学長表彰（外部資金獲得）
- 川向 2021年度 第16回 生命医科学研究所ネットワーク国際シンポジウム Best short-talk award 第3位
- 齋尾 2021年度 公益財団法人アステラス病態代謝研究会 最優秀理事長賞（11月）
- B01 奥村研究室
- 金村 2023年 日本蛋白質科学会若手賞
- 倉持 2023年 第46回日本分子生物学会年会「サイエンスピッチ優秀発表賞」
- 倉持 2023年 関西学院大仁田記念賞
- 奥村 2021年 天野エンザイム科学技術振興賞
- 岡田 2021年 関西学院大仁田記念賞
- 谷川 2021年 関西学院大仁田記念賞
- (1名) 2021年 日本学術振興会特別研究員DC1（辞退）
- C01 村岡研究室
- 喜多村 2024年 日本化学会第104春季年会(2024) 学生講演賞
- 矢口 2024年 日本化学会第104春季年会(2024) 優秀講演賞（産業）
- 矢口 2024年 日本薬学会第144年会 学生優秀発表賞
- 森 2024年 American Chemical Society 2024 CAS Future Leaders
- 清水 2024年 東京農工大学工学部応用化学科 2023年度卒業論文発表優秀賞
- 矢口 2023年 JST ACT-X
- 森 2023年 日本学術振興会特別研究員PD
- 森 2023年 Springer Theses Award
- 矢口 2023年 ペプチド討論会ポスター賞
- 矢口 2023年 日本バイオマテリアル学会 優秀研究ポスター賞
- 矢口 2023年 東京農工大学令和4年度 東京農工大学学生表彰
- 山下 2023年 東京農工大学工学部応用化学科 2022年度卒業論文発表最優秀賞
- 内田 2023年 ロッテ財団 2024年度研究者育成助成〈ロッテ重光学術賞〉
- 森 2023年 錯体化学会 第73回討論会ポスター賞
- 矢口 2022年 日本学術振興会特別研究員DC1
- 内田 2022年 理化学研究所第26回異分野交流のタベ シスメックス賞
- 矢口 2022年 第71回高分子討論会 広報委員会パブリシティ賞
- 矢口 2022年 第71回高分子学会年次大会優秀ポスター賞
- 矢口 2022年 日本化学会第102春季年会(2022) 学生講演賞
- 原 2022年 東京農工大学工学部有機材料化学科 2021年度卒業論文発表優秀賞
- 三浦 2022年 東京農工大学大学院工学府応用化学専攻有機材料化学専修 2021年度修士論

文発表優秀賞

内田 2022年 2021年度高分子学会高分子研究奨励賞
岡田 2021年 日本学術振興会特別研究員 DC2
矢口 2021年 日本化学会 第11回CSJ化学フェスタ 2021
岡田 2021年 日本化学会 第11回CSJ化学フェスタ 2021

C01 馬淵研究室
仲村 2024年 日本学術振興会特別研究員 DC1

〈研究室所属学生の博士課程への進学実績（2024年4月進学も含む）〉

A01 齋尾研究室 2名
B01 奥村研究室 2名
C01 村岡研究室 4名

〈昇進〉

A01 齋尾研究室
川越 2023年度より博士課程学生から助教へ
齋尾 2023年度 東北大学客員教授
齋尾 2023年度 東京医科歯科大学難治疾患研究所客員教授
齋尾 2023年度 京都大学客員教授

B01 奥村研究室
金村 2024年度より東北大学学際科学フロンティア研究所独立助教
奥村 2022年度より東北大学学際科学フロンティア研究所独立准教授

C01 村岡研究室
内田 2024年度より東京農工大学特任助教から特任講師へ
村岡 2023年度 東北大学客員教授

C01 馬淵研究室
馬淵 2024年度より東北大学学際科学フロンティア研究所助教から東北大学流体科学研究所准教授

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Okada Shunsuke, Matsumoto Yosuke, Takahashi Rikana, Arai Kenta, Kanemura Shingo, Okumura Masaki, Muraoka Takahiro	4. 巻 14
2. 論文標題 Semi-enzymatic acceleration of oxidative protein folding by N-methylated heteroaromatic thiols	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 7630 ~ 7636
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3SC01540H	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Uchida Noriyuki, Muraoka Takahiro	4. 巻 59
2. 論文標題 Self-assembling materials functionalizing bio-interfaces of phospholipid membranes and extracellular matrices	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 9687 ~ 9697
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3CC01875J	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Muraoka Takahiro, Okumura Masaki, Saio Tomohide	4. 巻 15
2. 論文標題 Enzymatic and synthetic regulation of polypeptide folding	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 2282 ~ 2299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3SC05781J	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Hara Yoshika, Yoshizawa Ken, Yaguchi Atsuya, Hiramatsu Hirotsugu, Uchida Noriyuki, Muraoka Takahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 ROS-Responsive Methionine-Containing Amphiphilic Peptides Impart Enzyme-Triggered Phase Transition and Antioxidant Cell Protection	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Biomacromolecules	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biomac.4c00129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Takahiro Muraoka, Tomohide Saio, Masaki Okumura	4. 巻 19
2. 論文標題 Biophysical elucidation of neural network and chemical regeneration of neural tissue	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biophysics and Physicobiology	6. 最初と最後の頁 e190024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophysico.bppb-v19.0024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kuramochi Tsubura, Yamashita Yukino, Arai Kenta, Kanemura Shingo, Muraoka Takahiro, Okumura Masaki	4. 巻 60
2. 論文標題 Boosting the enzymatic activity of CxxC motif-containing PDI family members	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 6134 ~ 6137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D4CC01712A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okada Shunsuke, Matsumoto Yosuke, Okumura Masaki, Muraoka Takahiro	4. 巻 52
2. 論文標題 Oxidative Protein Folding Promotion by Imidazolyl-conjugated Thiol	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 202 ~ 205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220537	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okumura Masaki, Kanemura Shingo, Matsusaki Motonori, Kinoshita Misaki, Saio Tomohide, Ito Dai, Hirayama Chihiro, Kumeta Hiroyuki, Watabe Mai, Amagai Yuta, Lee Young-Ho, Akiyama Shuji, Inaba Kenji	4. 巻 29
2. 論文標題 A unique leucine-valine adhesive motif supports structure and function of protein disulfide isomerase P5 via dimerization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Structure	6. 最初と最後の頁 1357 ~ 1370.e6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.str.2021.03.016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawagoe Soichiro, Kumashiro Munehiro, Mabuchi Takuya, Kumeta Hiroyuki, Ishimori Koichiro, Saio Tomohide	4. 巻 61
2. 論文標題 Heat-Induced Conformational Transition Mechanism of Heat Shock Factor 1 Investigated by Tryptophan Probe	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biochemistry	6. 最初と最後の頁 2897 ~ 2908
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biochem.2c00492	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 村岡貴博
2. 発表標題 キネティクス操作に基づく酸化的蛋白質フォールディング制御
3. 学会等名 第22回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村岡貴博
2. 発表標題 多段階反応制御によるタンパク質フォールディング促進
3. 学会等名 第45回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村岡貴博
2. 発表標題 速度論効果を利用する多段階蛋白質フォールディング促進
3. 学会等名 日本化学会 第103春季大会 (2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takahiro Muraoka
2. 発表標題 Regulated folding and assembly of polypeptides for designing ECM-mimetic biomaterials
3. 学会等名 Protein Folding, Aggregation, Misfolding Disease, and Disease Crosstalk (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiro Muraoka
2. 発表標題 Neurochemistry from Supramolecular Chemistry
3. 学会等名 Neuro2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

遅延制御超分子化学領域ホームページ https://web.tohoku.ac.jp/KineticControl/ 東京農工大学村岡研究室ホームページ https://www.muraoka-lab.com 東北大学奥村研究室ホームページ https://web.tohoku.ac.jp/okumura/# 徳島大学齋尾研究室ホームページ https://saio-lab.jp/ 東北大学馬淵研究室ホームページ https://mabuchigroup.jp/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	奥村 正樹 (Okumura Masaki) (50635810)	東北大学・学際科学フロンティア研究所・准教授 (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	齋尾 智英 (Saio Tomohide) (80740802)	徳島大学・先端酵素学研究所・教授 (16101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計4件

国際研究集会 Protein Folding, Aggregation, Misfolding Disease, and Disease Crosstalk (3rd International Symposium on Kinetics-Driven Supramolecular Chemistry)	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 2nd International Symposium on Kinetics-Driven Supramolecular Chemistry	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 遅延制御超分子化学第1回国際シンポジウム	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 International Symposium on Kinetics-Driven Supramolecular Chemistry	開催年 2023年～2023年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
その他の国・地域	国立陽明交通大学 (台湾)			
韓国	Korea Basic Science Institute			
オーストラリア	オーストラリア国立大学			
カナダ	トロント大学			
米国	Case Western Reserve University			