

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03223

研究課題名（和文）光受容体タンパク質が形成する超分子構造とシグナル伝達の分子動態機構の解明

研究課題名（英文）Supramolecular structure of photoreceptor proteins and the dynamic molecular mechanism on signal transduction

研究代表者

山下 隼人（YAMASHITA, Hayato）

大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教

研究者番号：10595440

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：視細胞円板膜上に存在する光受容体ロドプシン(Rh)は、二量体の列を基本構造とする超分子クラスターを形成する様子が確認されている。しかし長年に渡ってその機能的意義の研究が行われてきたが、光シグナル伝達に果たす役割は未解明である。本研究は、高速原子間力顕微鏡(高速AFM)を用いてRh超分子クラスター上で、シグナル伝達分子であるGタンパク質トランスデュシン(Gt)との相互作用の観察を試みた。暗所でのGtのRh2量体列上での拡散と光照射に伴うその動態の変化を1分子レベルで捉えることに成功した。これらの解析から、光受容体超分子構造によるシグナル伝達の分子動態機構における重要な知見を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

受容体膜蛋白質の多くは、細胞膜中でそれらの機能発現に深く関わる多量体や超分子構造を形成する。二量体の列を基本構造とする超分子クラスターを作る光受容体Rhに対して、本研究では高速AFMを用いて光シグナル伝達過程であるGtとの相互作用動態を1分子レベルで可視化することで、その分子動態機構が明らかとなってきた。これらの知見はRh超分子クラスター形成の機能的意義の解明に繋がると期待されるとともに、超分子構造を形成する他の受容体膜蛋白質の研究にも重要な示唆を与えるものである。また本研究で開発した技術は様々な受容体蛋白質の分子複合体の研究に対しても応用できる可能性があることを示した。

研究成果の概要（英文）： Rhodopsin (Rh), a G protein-coupled receptor (GPCR) that initiates phototransduction, is suggested to form supramolecular clusters on the disk membrane in photoreceptor cells. However, the functional role of Rh organization in phototransduction remains unrevealed. In this study, we observed the interaction process of G protein transducin (Gt) with Rh supramolecular clusters using high-speed atomic force microscopy (HS-AFM). We succeeded in visualizing the structure of Rh supramolecular clusters at high resolution and capturing the single molecular dynamic behavior of Gt on Rh clusters under dark and light conditions, respectively. These results provide important insights to understand the functional roles of supramolecular clusters in phototransduction.

研究分野：生物物理学

キーワード：光受容体 ロドプシン GPCR 高速原子間力顕微鏡 バイオイメージング クラスター シグナル伝達  
1分子動態

### 1. 研究開始当初の背景

細胞膜上の多様な受容体が、機能を持った多量体やメソスケールのクラスターを作ることは近年よく知られるようになった。その中でも、リガンドに対して超高感度を示す受容体では、それらが高度な配列、あるいは超分子クラスターを作り、感度の向上やダイナミックレンジの拡張に寄与すると考えられている。視細胞の光受容体であるロドプシン(Rh)も原子間力顕微鏡(AFM)<sup>1</sup>や、凍結電子顕微鏡トモグラフィー<sup>2</sup>などにより二量体配列からなる超分子クラスターが観察されており、超高感度な光受容(1光子検出)に寄与していると推測されている<sup>3</sup>。研究開始当初の時点で、本研究の分担者である林と森垣らは、視細胞から取り出したインタクトな円板膜内での蛍光顕微鏡観察により、Rhが数百nmの動的クラスターを形成していることを明らかにしていた(図1)<sup>4</sup>。また同じく研究分担者の栗津らは、粗視化分子動力学シミュレーションにより、これらRhの2量体配列からなるクラスターのモデル化にも成功していた(図2)<sup>5</sup>。しかし、このように形成された超分子構造が光シグナル伝達機能に果たす役割を定量的に評価することは極めて難しく、超分子クラスターによる光受容の調節メカニズムはまだ解明されていない。特に1光子検出のように、微弱な光で活性化した極少数のRhを、広い円板膜中でいかにしてG蛋白質トランスデュシン(Gt)が素早くそれを見つけ相互作用しシグナル伝達するのかという疑問は、長年注目を集め多数の研究が行われているが、未だに議論が続いている。GtがRh二量体配列上を1次元拡散(Sliding)することで効率的に光活性化Rhを見つける作動モデルも提案されている<sup>6</sup>。しかし、従来技術では受容体分子のこのような組織化構造とシグナル伝達分子との相互作用を高解像度で同時に観察することが困難なため、この仮説に対する決定的な証拠は得られていなかった。

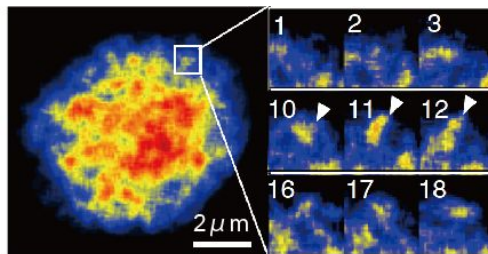


図1 円板膜で形成されたロドプシン動的クラスターの全反射蛍光顕微鏡観察  
引用文献(4)より

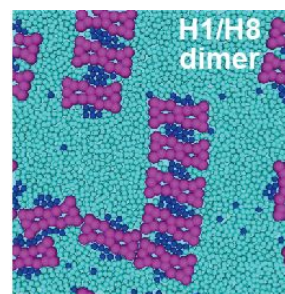


図2 ロドプシン二量体列形成のMDシミュレーション  
引用文献(5)より

### 2. 研究の目的

前述の背景を踏まえ、本研究では従来のアプローチに代わる手法として、機能中の生体分子の動態をナノメートルオーダーの空間分解能・ミリ秒オーダーの時間分解能で可視化できる高速原子間力顕微鏡(高速AFM)<sup>7,8</sup>を使用した。高速AFMによりRh超分子クラスターを1分子レベルの高解像度でその組織化構造を可視化しながら、シグナル伝達分子であるG蛋白質トランスデュシン(Gt)との相互作用を観察し、その動態を解析することで超分子構造の機能的役割を明らかにすることを目指した。また、高速AFM計測と平行して、Rh二量体及びGtの原子構造において各二次構造の変形・可動域を再現する粗視化分子動力学モデルを用いてRh超分子構造とGt相互作用をシミュレーションすることで、実験では観測・定量が困難な局所部位における動的過程の分子機構の解明も目指した。これらのin silico計算とin vitro実験の協調を通じて得られた知見を指針として、生体膜における超分子構造形成と機能発現をより一般化された分子機構として理解することを目指した。また、本研究で構築した光受容タンパク質の分子動態を計測する手法をRh以外の他の光受容体へも応用することで多様な光受容タンパク質が有する分子複合体の普遍的な役割の解明に繋げる。

### 3. 研究の方法

#### (1)Rh超分子クラスターの調製

ウシガエル(*Rana catesbeiana*)の視細胞桿体外節にある円板膜からRh膜断片を精製し、界面活性剤Tween80で部分可溶化したLipid depleted membrane(LDM)により、Rh超分子クラスター膜片を調製した。ここで、界面活性剤(Tween80)とタンパク質の量比(d/p比)を変化させることで、Rh超分子クラスターの形成規模や状態と光シグナル伝達活性のバランスを取ることを試みた。調製したRhサンプルの活性はGtとの結合能およびGTP SによるGt解離能を免疫染色法で解析することで評価した。また、大きなサイズの超分子クラスターを大規模に調製することも含めて、サイズのコントロールされた超分子クラスターをAFMステージ上で再現性良く形成するため、安定なポリマー脂質膜と生体膜の特性を保持する生体脂質膜を、ガラス基板でハイブリッド化したパターン化人工膜<sup>9</sup>を用いた再構成手法の開発にも取り組んだ。

## (2)高速 AFM による Rh 超分子クラスターの高分解能観察および Gt との相互作用動態計測

本研究では、Rh の光受容に伴う 1 分子レベルでの構造変化や Rh と Gt との相互作用動態の変化を高速 AFM で捉えるため、これらの観察に適した高速 AFM 装置環境の構築を行った。従来の AFM の多くは光で光学系に可視光(赤色など)を用いているが、可視光では AFM 観察中にサンプルである Rh の退色が進む可能性がある。そこで我々は暗状態 Rh の観察を実現するため、自作の高速 AFM に赤外線を用いた光で光学系を導入した。また観察前に Rh が退色(活性化)することを防ぐため、高速 AFM 装置を暗幕環境内に設置し、完全暗所で測定を行える装置環境の構築を行った。更に、Rh と Gt の相互作用を観察するためには高速 AFM でイメージング中に観察チャンバーへ Gt の投与を行う必要があるが、これを暗所下で行うのは容易ではない。また Gt の結合だけでなく GDP-GTP 交換による Gt 解離も観察するには、GTP(あるいは GTP S)の投与も必要になる。そこで、これらの投与を安定かつ迅速に行えるようにするため、試料・試薬を暗所で機械的(半自動的)に投与するための AFM システムの構築を行った。また暗状態から明状態へ移行する時の Rh の構造変化や Gt との相互作用の変化を観察するため、観察中に AFM 走査に同期して光を照射する機構の導入も行った。これらの装置環境において前述(1)で準備した試料を用いて、Rh および Gt、それぞれの分子構造動態と光照射に伴う変化の観察、更には GTP S に対する作用過程の高速 AFM 観察を行った。

## (3)粗視化モデルを用いたシミュレーション

高速 AFM を用いた Rh・Gt の実験観察研究と並行して、Rh と Gt の粗視化モデルにおける構造ゆらぎについて定量的な数理解析を行うことで、Rh が形成する超分子クラスターによるシグナル伝達の Gt との相互作用の局所部位における動的過程をシミュレーションする。そのために、まず Protein Data Bank(PDB)に登録されている Rh の原子構造の座標データから粗視化構造モデルを生成し、基準振動解析によるゆらぎの予測と PDB データに収録されているゆらぎのデータと整合的であるようなパラメータをシームレスに推定する手法を構築する。得られたパラメータをもとに運動を予測し、Rh 分子や Gt 結合時の運動(ゆらぎ)の方向を調べることで Gt の Rh への相互作用における Rh<sub>2</sub> 量体列構造の機能・構造的役割について検証可能にする。

## (4)他の光受容タンパク質への応用研究

前述(2)で構築した完全暗所で測定を行える赤外光で高速 AFM を用いて、Rh 以外の光受容タンパク質へも 1 分子動態観察の応用を試みた。具体的な試料として、藻類の光依存的な分枝に関与する転写因子を改変した Photozipper(PZ)を用いた。転写因子は DNA に結合して遺伝子発現を制御する生命維持に重要なタンパク質であるが、DNA 上の標的配列に結合する際にその多くが 2 量体化することが知られている。本研究では転写因子 PZ が光依存的に構造を変化させる様子やそれらが結合して二量体を形成する様子の観察を行った。

## 4. 研究成果

### (1)Rh 超分子クラスター試料調製とパターン化膜

前章 3(1)で記載した方法により調製した Rh 超分子クラスターを形成する LDM 試料の活性について、Gt との結合能および GTP S による Gt 解離能をそれぞれ免疫染色法により解析することで評価した。その結果、LDM 試料は、天然の円板膜を尿素で処理して表在性タンパク質を除去した Urea 膜と同等の活性があることが分かった。また、サイズのコントロールされた超分子クラスターを再現性良く形成するため、ハイブリッド化したパターン化人工膜を用いた再構成手法の高速 AFM 計測への応用も試みた。高速 AFM 計測に用いる極微小ガラスステージの表面にポリマー膜からなるパターンを形成するため、まず専用のステージホルダーの開発を行った。チャンバーの大きさ・構造や材質を変えて試行錯誤することで、高速 AFM 用微小ガラスステージ表面全体に渡って均一にパターンを形成することが出来るようになった。次に作製したパターン化膜基板を高速 AFM で計測する際に、観察したいパターン内へ AFM 探針をアプローチできるようにするため、蛍光修飾した生体脂質膜を展開して、高速 AFM 一体型の蛍光顕微鏡で観察を行った。その結果、パターン内でのみ蛍光輝点を観察することができ、それらの輝点を手掛かりに目的のパターン内へ AFM 探針をアプローチして高速 AFM 観察することができるようになった。

### (2)Rh の 1 分子構造変化と Rh 超分子クラスターと Gt との相互作用の動態観察

Rh の光受容に伴う構造変化は、主に細胞質側(Rh の C 末端側)にて顕著に見られることが報告されており、また Gt は同様に Rh の細胞質側に結合することが知られている。そのため Rh の構造変化や Gt との相互作用といった分子過程を高速 AFM で捉えるには、調製した Rh 試料の膜中での配向性が細胞内と同様に等方に保たれていることが重要となる。そこで超分子クラスターを形成する Rh 分子の配向性を確認するため、高速 AFM で超分子クラスターを観察中に、Rh の C 末端部位へ特異的に結合する抗体を投与した。その結果、Rh 超分子クラスター表面全体に多数の抗体分子が結合する様子を捉えることができた。このことから、超分子クラスター内で Rh 分子は等方に配向していることを確認できた。またこの結果は Rh 分子の C 末側が AFM 探針側へ向いてステージ上で配置されていることも同時に示しており、Rh の構造変化や Gt との相互作用などの高速 AFM で観察したい表面を可視化できる環境が実現できていることも確認できた。

そこで次に光照射に伴うロドプシン(Rh)の構造変化の観察を試みた。暗所において2量体から成る列構造を形成するRhを高速AFMで観察すると2つの輝点が列状に並んでいる様子が観察されるが、その観察中に外部から青色光を照射したところ、輝点の見え方に変化が生じた。Rhは暗状態、明状態(活性化状態)のそれぞれの結晶構造がすでに明らかにされており、それらによると暗状態から明状態への構造変化に伴ってRhの細胞質側(C末端側)表面のループ構造が2量体内で近づくことが分かっている。そこでこれらの結晶構造をもとに高速AFM像の再構成を行った結果、Rh2量体の2つの輝点位置が近づくことが示された。このことから、高速AFMで観察された輝点の変化は光照射に伴うRhの構造変化に由来するものであると考えられる。

次にRhとGtの相互作用の高速AFM観察を行うために、暗所でGtを機械的に投与するためのAFMシステムの構築を行った。Gtをマイクロ流路へ通して微量精密ポンプでAFM観察チャンバーへと転送する機構を作製し、完全暗所でGtを安定かつ迅速に投与できるようにした。これを用いて暗所でRh超分子クラスターを観察中にGtを投与したところ、多数のGt分子がRhクラスター上を拡散する様子を観察することができた。それらを注意深く調べるとRh2量体列上を一方向へ拡散するGt分子が存在することを見つけた。更に、拡散するGtを観察中に光を照射したところ、次第にその拡散する速度が低下し、Rhクラスター上で不動化するGtが観察された。これらは暗所下で見られなかった挙動であり、光照射に伴ってRhとGtの相互作用が変化し、Rhと強く相互作用したGt分子が結合したと考えられる。一方で、Rh上にGtが結合した環境下で、高速AFM観察中にGTP Sを投与したところ、結合したGtの一部で解離する様子が見られた。前述(1)より本研究で用いている超分子クラスターを形成するRhサンプルは、Urea膜と同程度に活性があることから、高速AFMで観察されたこれらの分子挙動はRhとGtとの光シグナル伝達の過程を示すものと考えられる。以上の成果により、光受容体超分子構造によるシグナル伝達の分子動態機構における重要な知見を得ることができた。

### (3)粗視化モデルを用いたRh分子動態の解析

PDBに登録されているRhの原子構造の座標データを使用して粗視化構造モデルから自動的に運動を予測する方法の確立を試みた。PDBには多数のRhの構造が登録されており、それらを粗視化した構造に対して基準振動解析を行ったところ、PDB:1GZMにおいてゆらぎの大きさが実験値と理論値で最も良く一致した。そこでこの構造を対象に、ゆらぎのモードごとに分子内構造ゆらぎの方向について更に詳しく解析を進めた。その結果、第1モードのゆらぎでは、ほとんどのアミノ酸残基において、Rhの楕円体近似における第3主成分軸方向(楕円体最短軸)の動きが見られており、短軸方向への運動が強調されやすいという基準振動解析の基本的な特徴を示した。そのため、第2モード及び第3モードで分子内の動きに注目したところ、第1モードから少し第2主成分軸方向に傾いた向きの規則的な運動がみられ、さらに、第1主成分方向(楕円体最長軸)の運動は小さいことが明らかとなった。この解析方法によりRhの分子内の動きの方向を可視化することができるようになったことから、今後は、これらの動きに関して、Rhの列方向との比較を試みる。またRhの暗状態と明状態の構造やGtと結合ありなしのそれぞれの構造で動きの詳細を解析し、結果の比較を試みる。

### (4)その他の光受容体タンパク質の1分子動態解明

本研究で構築した外部光制御機能付き完全暗所高速AFM装置を用いて、Rh以外の光受容体タンパク質として、青色光により機能制御される転写因子PZの光照射に伴う構造変化と2量体形成過程の1分子動態観察を行った。高速AFMでPZ分子を計測したところ、光を受容するLOVドメインと呼ばれる球状構造の部分とDNAに結合するbZIPドメインと呼ばれる紐状構造の部分の詳細に可視化することができた(図3)。暗所でPZの単量体分子はbZIPがLOVに付いた構造であったのに対し、光を照射すると、LOVからbZIPが離れてLOVのまわりをbZIPの紐状構造が揺らいでいる様子を観察することに成功した(図3右下)。またこれらの分子は互いに衝突すると結合し、二量体を形成した(図3左下)。この二量体を更に詳しく調べた結果、暗所よりも明所で形成される二量体の方が安定してペア構造が維持されていることが分かった。LOVとbZIPには二量体を形成する際にそれぞれ結合しやすい部分があることが先行研究で示されており<sup>10</sup>(図3赤塗部)、光照射下でのPZの分子構造変化により、その部分が露出したことで安定な二量体が形成されたと考えられる。本研究により転写因子の分子構造変化が二量体形成に重要な役割を果たしていることが明らかとなった<sup>11</sup>。

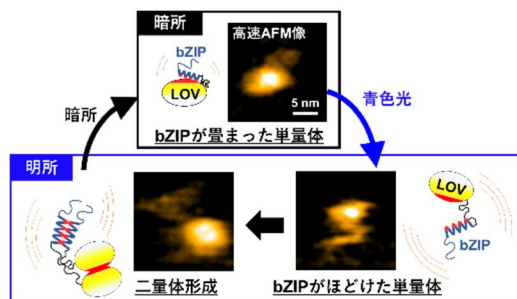


図3 光制御型転写因子PZの構造変化と二量体化。(上図)暗所でbZIPが重なった単量体。(右下図)明所でbZIPがほどけた単量体。(左下図)明所の二量体PZ(引用文献11より)

### (5)考察および今後の展望

本研究では、超分子クラスターを形成するRhを高速AFMにより高時空間分解能で観察し、光照射に伴うRhの構造変化やGtとの相互作用動態の可視化を試みた。1分子レベルでのRhの構

造変化や暗所における Rh クラスター上の Gt の拡散、更には明所における Rh クラスター上での Gt の不動化が明らかとなってきた。特に暗所で Rh2 量体列上を一方向へ拡散する Gt 分子が見られたことは、Rh が形成する超分子構造の光シグナル伝達機能に果たす役割を解明する上で大きな示唆を与えるものである。一方で、Rh の PDB 原子構造の粗視化モデルを用いて分子の動態を解析する手法の開発を行い、基準振動解析から動きの方向が分かってきた。今後、それらの動きの Rh 列方向との比較を行うことで Rh 超分子クラスターにおけるシグナル伝達機構を更に詳細に解明できるものと期待される。

#### <引用文献>

- (1) D. Fotiadis, Y. Liang, S. Filipek, D. A Saperstein, A. Engel, K. Palczewski, “Atomic-force microscopy: Rhodopsin dimers in native disc membranes”, *Nature* **421**, 127 (2003)
- (2) M. Gunkel, J. Schoneberg, W. Alkhalidi, S. Irsen, F. Noe, U. B. Kaupp, and A. Al-Amoudi, “Higher-Order Architecture of Rhodopsin in Intact Photoreceptors and Its Implication for Phototransduction Kinetics”, *Structure*, **23**, 1 (2015)
- (3) D. Dell’Orco, “A physiological role for the supramolecular organization of rhodopsin and transducin in rod photoreceptors”, *FEBS Lett.* **587**, 1 (2013)
- (4) F. Hayashi, N. Saito, Y. Tanimoto, K. Okada, K. Morigaki, K. Seno, S. Maekawa, “Raftophilic rhodopsin-clusters offer stochastic platforms for G protein signalling in retinal discs”, *Comm. Biol.* **2**, 209 (2019)
- (5) Y. Kaneshige, F. Hayashi, K. Morigaki, Y. Tanimoto, H. Yamashita, M. Fujii, A. Awazu, “Affinity of rhodopsin to raft enables the aligned oligomer formation from dimers: Coarse-grained molecular dynamics simulation of disk membranes”, *PLoS One* **15**(2), e0226123 (2020)
- (6) D. Fotiadis, B. Jastrzebska, A. Philippsen, D. J Müller, K. Palczewski, A. Engel, “Structure of the rhodopsin dimer: a working model for G-protein-coupled receptors”, *Curr. Opin. Struct. Biol.* **16**, 252 (2006)
- (7) T. Ando, N. Kodera, E. Takai, D. Maruyama, K. Saito, A. Toda, “A high-speed atomic force microscope for studying biological macromolecules”, *PNAS* **98**(22), (2001)
- (8) T. Ando, T. Uchihashi, S. Scheuring, “Filming Biomolecular Processes by High-Speed Atomic Force Microscopy”, *Chem. Rev.* **114**, 6, (2014)
- (9) Y. Tanimoto, K. Okada, F. Hayashi, K. Morigaki, “Evaluating the Raftophilicity of Rhodopsin Photoreceptor in a Patterned Model Membrane”, *Biophys. J.* **1**, 109 (2015)
- (10) Y. Nakatani & O. Hisatomi, “Molecular mechanism of photozipper, a light-regulated dimerizing module consisting of the bZIP and LOV domains of aureochrome-1”, *Biochemistry* **54**, 3302 (2015).
- (11) A. Tsuji, H. Yamashita, O. Hisatomi, M. Abe, “Dimerization processes for light-regulated transcription factor Photozipper visualized by high-speed atomic force microscopy”, *Sci. Rep.* **12**(1), (2022)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 32件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 19件）

1. 著者名 Yamahira Shinya, Misawa Ryuji, Kosaka Takahiro, Tan Mondong, Izuta Shin, Yamashita Hayato, Heike Yuji, Okamoto Akimitsu, Nagamune Teruyuki, Yamaguchi Satoshi	4. 巻 144
2. 論文標題 Photoactivatable Materials for Versatile Single-Cell Patterning Based on the Photocaging of Cell-Anchoring Moieties through Lipid Self-Assembly	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 13154 ~ 13162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c02949	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 Tsuji Akihiro, Yamashita Hayato, Hisatomi Osamu, Abe Masayuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Dimerization processes for light-regulated transcription factor Photozipper visualized by high-speed atomic force microscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-022-17228-6	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 Abe M., Yamashita H., Jinno S., Custance O., Toki H.	4. 巻 93
2. 論文標題 Reduction of noise induced by power supply lines using phase-locked loop	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 113704 ~ 113704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0124433	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 Diao Zhuo, Ueda Keiichi, Hou Linfeng, Yamashita Hayato, Custance Oscar, Abe Masayuki	4. 巻 122
2. 論文標題 Automatic drift compensation for nanoscale imaging using feature point matching	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 121601 ~ 121601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0139330	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 Abe Masayuki, Katsube Daiki, Yamashita Hayato, Inami Eiichi, Culance Oscar	4. 巻 61
2. 論文標題 Method and Applications for New Material Science on Nanoscale Structures and Functions of Crystal Defect Cores	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materia Japan	6. 最初と最後の頁 645 ~ 650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/materia.61.645	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 Komatsu Ryota, Tanimoto Yasushi, Ando Koji, Yasuhara Kazuma, Iwasaki Yasuhiko, Hayashi Fumio, Morigaki Kenichi	4. 巻 38
2. 論文標題 Nanofluidic Model Membrane for the Single-Molecule Observation of Membrane Proteins	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 7234 ~ 7243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.2c00724	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 Hancock Ashley M., Swainsbury David J.K., Meredith Sophie A., Morigaki Kenichi, Hunter C. Neil, Adams Peter G.	4. 巻 237
2. 論文標題 Enhancing the spectral range of plant and bacterial light-harvesting pigment-protein complexes with various synthetic chromophores incorporated into lipid vesicles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology	6. 最初と最後の頁 112585 ~ 112585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotobiol.2022.112585	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 該当する

1. 著者名 Tanimoto Yasushi, Yoshimura Yu, Hayashi Fumio, Morigaki Kenichi	4. 巻 127
2. 論文標題 Retarded Diffusion and Confinement of Membrane-Bound Molecules in a Patterned Hybrid Membrane of Phospholipid Bilayers and Monolayers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 520 ~ 527
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c06053	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 Meredith Sophie A., Kusunoki Yuka, Connell Simon D., Morigaki Kenichi, Evans Stephen D., Adams Peter G.	4. 巻 127
2. 論文標題 Self-Quenching Behavior of a Fluorescent Probe Incorporated within Lipid Membranes Explored Using Electrophoresis and Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 1715 ~ 1727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c07652	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 該当する

1. 著者名 Komoto Tetsushi, Fujii Masashi, Awazu Akinori	4. 巻 19
2. 論文標題 Epigenetic-structural changes in X chromosomes promote Xic pairing during early differentiation of mouse embryonic stem cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biophysics and Physicobiology	6. 最初と最後の頁 e190018_1 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophysico.bppb-v19.0018	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 Shirai Masaki, Nara Takuya, Takahashi Haruko, Takayama Kazuya, Chen Yuan, Hirose Yudai, Fujii Masashi, Awazu Akinori, Shimoda Nobuyoshi, Kikuchi Yutaka	4. 巻 97
2. 論文標題 Identification of aberrant transcription termination at specific gene loci with DNA hypomethylated transcription termination sites caused by DNA methyltransferase deficiency	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Genes & Genetic Systems	6. 最初と最後の頁 139 ~ 152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1266/ggs.21-00092	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 Nakanishi Taito, Awazu Akinori	4. 巻 92
2. 論文標題 Formation of Small-World Network Containing Module Networks in Globally and Locally Coupled Map System with Changes in Global Connection with Time Delay Effects	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 034801-1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.92.034801	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 Ishihara Satoru, Sasagawa Yohei, Kameda Takeru, Yamashita Hayato, Umeda Mana, Kotomura Naoe, Abe Masayuki, Shimono Yohei, Nikaido Itoshi	4. 巻 49
2. 論文標題 Local states of chromatin compaction at transcription start sites control transcription levels	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nucleic Acids Research	6. 最初と最後の頁 8007 ~ 8023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/nar/gkab587	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 Yamamura Hatsuo, Hagiwara Tatsuya, Hayashi Yuma, Osawa Kayo, Kato Hisato, Katsu Takashi, Masuda Kazufumi, Sumino Ayumi, Yamashita Hayato, Jinno Ryo, Abe Masayuki, Miyagawa Atsushi	4. 巻 6
2. 論文標題 Antibacterial Activity of Membrane-Permeabilizing Bactericidal Cyclodextrin Derivatives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 31831 ~ 31842
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c04541	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 Nagai Rurika, Sugimachi Ayane, Tanimoto Yasushi, Suzuki Kenichi G. N., Hayashi Fumio, Weikert Dorothee, Gmeiner Peter, Kasai Rinshi S., Morigaki Kenichi	4. 巻 5
2. 論文標題 Functional Reconstitution of Dopamine D2 Receptor into a Supported Model Membrane in a Nanometric Confinement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Biology	6. 最初と最後の頁 2100636 ~ 2100636
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adbi.202100636	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 該当する

1. 著者名 Nagai Rurika, Sugimachi Ayane, Tanimoto Yasushi, G. N. Suzuki Kenichi, Hayashi Fumio, S. Kasai Rinshi, Morigaki Kenichi	4. 巻 141
2. 論文標題 Reconstitution of Membrane Proteins into a Model Biological Membrane	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1340 ~ 1343
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.141.1340	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 Nakahata Shinjiro, Komoto Tetsushi, Fujii Masashi, Awazu Akinori	4. 巻 19
2. 論文標題 Mathematical model of chromosomal dynamics during DNA double strand break repair in budding yeast	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biophysics and Physicobiology	6. 最初と最後の頁 e190012_1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophysico.bppb-v19.0012	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 Watanabe Kaichi, Yasui Yuhei, Kurose Yuta, Fujii Masashi, Yamamoto Takashi, Sakamoto Naoaki, Awazu Akinori	4. 巻 -
2. 論文標題 Partial exogastrulation due to apical-basal polarity of F actin distribution disruption in sea urchin embryo by omeprazole	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Genes to Cells	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gtc.12934	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 Matsumori Haruka, Watanabe Kenji, Tachiwana Hiroaki, Fujita Tomoko, Ito Yuma, Tokunaga Makio, Sakata-Sogawa Kumiko, Osakada Hiroko, Haraguchi Tokuko, Awazu Akinori, Ochiai Hiroshi, Sakata Yuka, Ochiai Koji, Toki Tsutomu, Ito Etsuro, Goldberg Ilya G, Tokunaga Kazuaki, Nakao Mitsuyoshi, Saitoh Noriko	4. 巻 5
2. 論文標題 Ribosomal protein L5 facilitates rDNA-bundled condensate and nucleolar assembly	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Life Science Alliance	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.26508/lisa.202101045	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 Nakanishi Taito, Fujii Masashi, Awazu Akinori	4. 巻 91
2. 論文標題 Self-Organization of Diverse Directional Hierarchical Networks in Simple Coupled Maps with Connection Changes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 023801-1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.023801	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 Kashida Hiromu, Nishikawa Keiji, Shi Wenjing, Miyagawa Toshiki, Yamashita Hayato, Abe Masayuki, Asanuma Hiroyuki	4. 巻 12
2. 論文標題 A helical amplification system composed of artificial nucleic acids	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 1656 ~ 1660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0sc05245k	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 Sotoma Shingo, Zhong Chongxia, Kah James Chen Yong, Yamashita Hayato, Plakhotnik Taras, Harada Yoshie, Suzuki Madoka	4. 巻 7
2. 論文標題 In situ measurements of intracellular thermal conductivity using heater-thermometer hybrid diamond nanosensors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabd7888
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abd7888	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 Diao Zhuo, Katsube Daiki, Yamashita Hayato, Sugimoto Yoshiaki, Custance Oscar, Abe Masayuki	4. 巻 117
2. 論文標題 Automated extraction of the short-range part of the interaction in non-contact atomic force microscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 033104 ~ 033104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0007754	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 Yamashita Hayato, Handa Nobuhiro, Higashiura Yuma, Abe Masayuki	4. 巻 18
2. 論文標題 Flexure Structural Scanner of Tip Scan Type for High-speed Scanning Tunneling Microscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 146 ~ 151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/ejssnt.2020.146	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 Odagaki Sin-Ichi、Maekawa Shohei、Hayashi Fumio、Suzaki Toshinobu、Morigaki Kenichi	4. 巻 736
2. 論文標題 The effects of phospholipids and fatty acids on the oligomer formation of NAP-22	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Letters	6. 最初と最後の頁 135288 ~ 135288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neulet.2020.135288	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 Yoneda Takuro、Tanimoto Yasushi、Takagi Daisuke、Morigaki Kenichi	4. 巻 36
2. 論文標題 Photosynthetic Model Membranes of Natural Plant Thylakoid Embedded in a Patterned Polymeric Lipid Bilayer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 5863 ~ 5871
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c00613	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 Yasuhara Kazuma、Morigaki Kenichi	4. 巻 17
2. 論文標題 New lipid membrane technologies for reconstitution, analysis, and utilization of 'living' membrane proteins	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biophysics and Physicobiology	6. 最初と最後の頁 125 ~ 129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophysico.BSJ-2020021	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 Morigaki Kenichi	4. 巻 46
2. 論文標題 Patterned Model Biological Membrane Composed of Polymerizable and Natural Lipids for Reconstituting the Membrane Functions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MEMBRANE	6. 最初と最後の頁 65 ~ 70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5360/membrane.46.65	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 Meredith Sophie A., Yoneda Takuro, Hancock Ashley M., Connell Simon D., Evans Stephen D., Morigaki Kenichi, Adams Peter G.	4. 巻 17
2. 論文標題 Model Lipid Membranes Assembled from Natural Plant Thylakoids into 2D Microarray Patterns as a Platform to Assess the Organization and Photophysics of Light Harvesting Proteins	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 2006608 ~ 2006608
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202006608	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 Aoki Daisuke, Awazu Akinori, Fujii Masashi, Uewaki Jun-ichi, Hashimoto Manami, Tochio Naoya, Umehara Takashi, Tate Shin-ichi	4. 巻 432
2. 論文標題 Ultrasensitive Change in Nucleosome Binding by Multiple Phosphorylations to the Intrinsically Disordered Region of the Histone Chaperone FACT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 4637 ~ 4657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmb.2020.06.011	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 Ohara Amika, Fujii Masashi, Awazu Akinori	4. 巻 89
2. 論文標題 Spontaneous Organizations of Diverse Network Structures in Coupled Logistic Maps with a Delayed Connection Change	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 114801-1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.114801	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 Kameda Takeru, Suzuki Miho M., Awazu Akinori, Togashi Yuichi	4. 巻 103
2. 論文標題 Structural dynamics of DNA depending on methylation pattern	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 012404-1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.103.012404	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 -

〔学会発表〕 計63件（うち招待講演 10件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 山下隼人
2. 発表標題 高速走査型プローブ顕微鏡の材料科学への応用
3. 学会等名 日本学術振興会ナノプローブテクノロジー第167委員会第102回研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天木里奈、山下隼人、阿部真之
2. 発表標題 光触媒材料上に展開した脂質膜のナノスケール分解過程研究
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2022年度 第1回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 太田悠夢、山下隼人、東孝太郎、山口雅也、川端重忠、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡によるレンサ球菌おけ自己融解酵素作用過程の研究
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2022年度 第1回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hayato Yamashita, Yumu Ota, Kotaro Higashi, Masaya Yamaguchi, Shigetada Kawabata, Masayuki Abe
2. 発表標題 High-speed AFM observation of the surface structure of Gram-positive bacterial cell and the lysis process by autolysin
3. 学会等名 AFM BioMed Conference 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akihiro Tsuji, Hayato Yamashita, Osamu Hisatomi, Masayuki Abe
2. 発表標題 Deciphering the role of the DNA-binding bZIP domain in the dimerization of a light-regulated transcription factor, Photozipper, by High-speed AFM
3. 学会等名 AFM BioMed Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hayato Yamashita, Akihiro Tsuji, Fumio Hayashi, Kenichi Morigaki, Masashi Fujii, Akinori Awazu, Kazuhiko Hoshikaya, Masayuki Abe
2. 発表標題 Single molecule observation of G protein transducin on rhodopsin cluster by high-speed AFM
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akihiro Tsuji, Hayato Yamashita, Osamu Hisatomi, Masayuki Abe
2. 発表標題 Dimerization processes of a light-regulated transcription factor, Photozipper, observed by high-speed atomic force microscopy
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yumu Ota, Hayato Yamashita, Kotaro Higashi, Masaya Yamaguchi, Shigetada Kawabata, Masayuki Abe
2. 発表標題 High-speed AFM observation of the lysis process of Gram-positive bacterial cell by autolysin
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天木里奈、山下隼人、久富修、阿部真之
2. 発表標題 光触媒TiO <sub>2</sub> 上の脂質膜の紫外線照射に伴う分解過程の研究
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Diao Zhuo, Ueda Keiichi, Hou Linfeng, Hayato Yamashita, Oscar Custance, Masayuki Abe
2. 発表標題 Automatic Thermal Drift Compensation for Scanning Probe Microscopy Using the Feature Point Extraction
3. 学会等名 14th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '22 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 太田悠夢、山下隼人、東孝太郎、山口雅也、川端重忠、阿部真之
2. 発表標題 肺炎球菌の自己融解酵素LytAによる溶菌過程の高速AFM観察
3. 学会等名 第96回日本細菌学会総会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 DIAO ZHUO、上田 啓一、Hou Linfeng、山下 隼人、Custance Oscar、阿部真之
2. 発表標題 特徴点マッチングを用いたナノスケールイメージングに向けた自動ドリフト補正システム
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 上田 啓市、Diao Zhuo、Hou Linfeng、山下 隼人、阿部 真之
2. 発表標題 圧縮センシングを応用した時間短縮SPMの開発
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋山 舜、阿部 真之、山下 隼人
2. 発表標題 温度可変型高速走査型トンネル顕微鏡の開発
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森垣 憲一
2. 発表標題 Micropatterned model membrane composed of polymerized and natural lipid bilayers
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉村 優、杉町 純音、林 文夫、廣澤 幸一朗、笠井 倫志、鈴木 健一、森垣 憲一
2. 発表標題 パターン化人工膜へのエクソソーム導入技術の開発
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masato Koezuka, Fuko Kueda, Fumio Hayashi, Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Reconstitution of photoreceptor rhodopsin into a patterned model membrane using peptide nanodisc
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森垣憲一
2. 発表標題 Micropatterned model membrane platform for physicochemical and functional analysis of membrane proteins
3. 学会等名 第95回日本生化学会年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森垣憲一
2. 発表標題 固体基板表面におけるパターン化人工生体膜の創成
3. 学会等名 生体膜デザインコンファレンス（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuka Kusunoki, Daisuke Takagi, Seiji Akimoto, Sophie A. Meredith, Ashley M. Hancock, Stephen D. Evans, Peter G. Adams, Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Substrate-supported photosynthetic model thylakoid membrane
3. 学会等名 13th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡辺 開智、安井 優平、黒瀬 友太、坂本 尚昭、粟津 暁紀
2. 発表標題 ウニ胚の細胞骨格分布極性に起因する外腸胚形成
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小本 哲史、藤井 雅史、粟津 暁紀
2. 発表標題 マウス胚性幹細胞の初期分化過程におけるX染色体のエピゲノム構造変化はXic対合を促進する
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若尾 真吾、藤井 雅史、粟津 暁紀
2. 発表標題 核スペックルの構造形成・動態のシミュレーション
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松井爽斗、仲崇霞、山下隼人、辻明宏、鈴木団、阿部真之
2. 発表標題 生細胞のナノ粒子取り込み過程の観察に向けた蛍光顕微鏡・高速AFM複合装置の開発
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2021年度 第1回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻明宏、山下隼人、久富修、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡による光応答転写因子Photozipperの二量体形成メカニズムに関する研究
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2021年度 第1回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天木里奈、山下隼人、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡による光触媒材料上における脂質膜の分解過程の研究
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2021年度 第1回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻明宏、山下隼人、久富修、阿部真之
2. 発表標題 転写因子Photozipperの青色光応答による二量体形成過程の高速AFM観察
3. 学会等名 第21回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下隼人
2. 発表標題 生細胞を高時空間分解能で可視化する高速AFM技術の開発
3. 学会等名 ARO協議会第8回学術集会・JST共催セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天木里奈、山下隼人、勝部大樹、稲見栄一、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡による光触媒材料上における脂質混合膜の分解過程の研究
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hou linfeng, Takafumi Ishibe, Daiki Katsube, Yoshiaki Nakamura, Hayato Yamashita, Masayuki Abe
2. 発表標題 STM study of SnO <sub>2</sub> thin film fabricated by PLD at high temperature
3. 学会等名 13th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices'21(ALC 21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kyunghmin Kim, Shiro Yamazaki, Daiki Katsube, Hayato Yamashita, and Masayuki Abe
2. 発表標題 Atom switch by STM current on SrTiO <sub>3</sub> (100)-( 13 × 13) surfaces
3. 学会等名 13th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices'21(ALC 21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金 庚民, 山崎 詩郎, 勝部 大樹, 山下 隼人, 阿部 真之
2. 発表標題 STM の電流による SrTiO <sub>3</sub> (100)- 13× 13 表面上の原子スイッチ
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 太田悠夢、山下隼人、東孝太郎、山口雅也、川端重忠、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡によるグラム陽性菌表層構造および自己融解酵素作用過程の観察
3. 学会等名 第74回日本細菌学会関西支部総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻明宏、山下隼人、久富修、阿部真之
2. 発表標題 bZIP型転写因子Photozipperにおける光誘起二量体形成過程の高速AFM観察
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松井爽斗、山下隼人、辻明宏、山口明日香、鈴木団、阿部真之
2. 発表標題 蛍光顕微鏡複合型高速AFMによる細胞のナノ粒子取り込み過程の計測
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Ueda, Z. Diao, H. Yamashita, and M. Abe
2. 発表標題 Under-sampled imaging method of scanning tunneling microscopy with compressed sensing algorithm
3. 学会等名 29th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy(ICSPM29) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Kyomoto, Y. Miyato, H. Yamashita, and M. Abe
2. 発表標題 Humidity-Controlled Atomic Force Microscopy Introducing High Speed Scanner
3. 学会等名 29th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy(ICSPM29) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 L. Hou, T. Ishibe, D. Katsube, Y. Nakamura, H. Yamashita and M. Abe
2. 発表標題 STM Study of Thin Film Growth of SnO <sub>2</sub> by Pulsed Laser Deposition
3. 学会等名 29th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy(ICSPM29) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fuko Kueda, Fumio Hayashi, Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Reconstitution of rhodopsin into a patterned model membrane using nanodisc formed from amphiphilic peptides
3. 学会等名 The 59th Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuka Kusunoki, Daisuke Takagi, Seishi Akimoto, Syouhei Maekawa, Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Reconstitution of thylakoid membrane in a patterned model membrane
3. 学会等名 The 59th Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Ayane Sugimachi, Rurika Nagai, Kenichi G.N. Suzuki, Fumio Hayashi, Rinshi S. Kasai, Kenichi Morigaki
2. 発表標題	Functional reconstitution of dopamine D2 receptor into a supported model membrane in a nanometric confinement
3. 学会等名	The 59th Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Fuko Kueda, Fumio Hayashi, Kenichi Morigaki
2. 発表標題	Reconstitution of membrane proteins into a micropatterned model membrane
3. 学会等名	12th International workshop on nanostructures and nanoelectronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Yuka Kusunoki, Takuro Yoneda, Sophie A. Meredith, Ashley M. Hancock, Daisuke Takagi, Seiji Akimoto, Stephen D. Evans, Peter G. Adams, Kenichi Morigaki
2. 発表標題	Hybrid membrane of reconstituted thylakoid membrane and patterned polymeric lipid bilayer scaffold
3. 学会等名	ACS Spring 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	渡辺 開智, 安井 優平, 黒瀬 友太, 坂本 尚昭, 粟津 暁紀
2. 発表標題	ウニにおける H <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> イオンポンプ活性は胚の細胞骨格分布極性を高めて原腸形成を促進させる
3. 学会等名	第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年	2021年



1. 発表者名 若尾 真吾, 藤井 雅史, 栗津 暁紀
2. 発表標題 核スペックルの構造形成・動態のシミュレーション
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中西 大斗, 藤井 雅史, 栗津 暁紀
2. 発表標題 空間的局所相互作用を伴う動的・可塑的ネットワーク系の自発的構造形成
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中畑 伸児郎, 藤井 雅史, 栗津 暁紀
2. 発表標題 出芽酵母の DNA 二本鎖切断時における染色体動態の数理モデル
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小本 哲史, 藤井 雅史, 栗津 暁紀
2. 発表標題 ES 細胞のクロマチンドメイン変化による染色体動態制御のモデル
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下隼人、川鍋陽、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡による電位依存性プロトンチャネルの1分子構造観察
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻明宏、山下隼人、野村健人、久富修、阿部真之
2. 発表標題 高速AFMによる光応答転写因子Photozipperのナノスケール観察
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下隼人、阿部真之
2. 発表標題 高速AFMによる生きた細菌細胞の高解像分子動態イメージング
3. 学会等名 第73回日本細菌学会関西支部総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部真之、勝部大樹、山下隼人、稲見栄一
2. 発表標題 金属酸化物表面の走査型トンネル顕微鏡/非接触原子間力顕微鏡測定
3. 学会等名 日本金属学会2020年秋期第167回講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 干鰯谷和彦、山下隼人、林文夫、森垣憲一、藤井雅史、粟津暁紀、阿部真之
2. 発表標題 高速AFMによるロドプシンクラスター上トランスデューション動的過程の観察
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻明宏、野村健人、山下隼人、久富修、阿部真之
2. 発表標題 光応答転写因子Photozipperにおける二量体形成過程の高速AFM観察
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fengxuan Li, Daiki Katsube, Eiichi Inami, Hayato Yamashida, Masayuki Abe
2. 発表標題 In-situ scanning tunneling microscopy observation of water adsorption on rutile TiO <sub>2</sub> (110)-(1×2) surface
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井爽斗、仲崇霞、山下隼人、鈴木団、阿部真之
2. 発表標題 蛍光顕微鏡・高速AFM複合装置による生細胞のナノ粒子取り込み過程の計測
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Diao Zhuo、勝部大樹、山下隼人、阿部真之
2. 発表標題 モンテカルロ法によるNC-AFMのフォースカーブの解析
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下隼人、阿部真之
2. 発表標題 材料科学のための高速走査型トンネル顕微鏡の開発
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fengxuan Li、阿部真之、山下隼人、勝部大樹、稲見栄一
2. 発表標題 非接触原子間力顕微鏡/走査型トンネル顕微鏡を用いたTiO <sub>2</sub> (110)-(1×2)表面における水吸着測定
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高山 宙輝, 曲師 香緒里, 森垣 憲一, 茶谷 絵理
2. 発表標題 アミロイド線維形成とリン脂質二分子膜破壊との関係性の解明
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金重 先人, 藤井 雅史, 林 文夫, 森垣 憲一, 山下 隼人, 粟津 暁紀
2. 発表標題 基準振動解析を用いたロドプシンの動態予測と機能の連関
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石原 悠人, 岸本 龍典, 杭田 芙子, 工藤 卓, 森垣 憲一, 細川 千絵
2. 発表標題 脂質二分子膜に働く光捕捉力の検証
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森垣 憲一
2. 発表標題 人工膜とナノ空間を用いた細胞膜構造の再構成と機能解析
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 山下 隼人 (編著: 新井 克彦, 服部 俊治)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 454
3. 書名 細胞外マトリックス実験法	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 エクソソーム膜結合分子の解析方法	発明者 森垣憲一、鈴木健一、笠井倫志、廣澤幸一朗	権利者 神戸大学、岐阜大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-132291	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 膜タンパク質を含む人工生体膜	発明者 森垣憲一、林文夫	権利者 神戸大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-173293	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>大阪大学大学院基礎工学研究科附属極限科学センター・先端エレクトロニクス研究部門  <a href="http://www.ae.stec.es.osaka-u.ac.jp/wp/">http://www.ae.stec.es.osaka-u.ac.jp/wp/</a></p> <p>Researchmap  <a href="https://researchmap.jp/10595440">https://researchmap.jp/10595440</a></p>
---

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	林 文夫 (HAYASHI Fumio) (80093524)	神戸大学・理学研究科・名誉教授  (14501)	
研究分担者	森垣 憲一 (MORIGAKI Kenichi) (10358179)	神戸大学・バイオシグナル総合研究センター・准教授  (14501)	
研究分担者	粟津 暁紀 (AWAZU Akinori) (00448234)	広島大学・統合生命科学研究科(理)・准教授  (15401)	

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0件

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
---------	---------

米国	University of Arkansas			
米国	Weill Cornell Medicine			