

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (特設分野研究)

研究期間：2017～2020

課題番号：17KT0024

研究課題名(和文) 光受容体タンパク質が自発的に作る2次元秩序構造についての構成的研究

研究課題名(英文) Two dimensional self-assembly of photoreceptor proteins

研究代表者

森垣 憲一 (Morigaki, Kenichi)

神戸大学・バイオシグナル総合研究センター・准教授

研究者番号：10358179

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：視細胞の円板膜においては、ロドプシン光受容体(Rh)凝集体のような秩序構造が高感度な光受容に寄与していると推測されている。しかし、膜内の秩序構造による光受容の調節メカニズムは未解明である。本研究は、人工膜へのRhの再構成、高速AFMによるRh凝集体観察など、構成的手法による秩序構造の解析を試みた。Rhの超分子クラスターおよびトランスデューシンとの結合を高速AFMで観察することに成功した。また、分子動力的シミュレーションにより膜脂質組成がRh凝集体構造形成に影響することを明らかにした。これらの構成的手法より得られた知見は今後、シグナル伝達分子における膜内秩序構造の役割を解明する基礎となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生体膜において膜タンパク質や脂質分子が特有の凝集構造を形成することが、シグナル伝達など生命に必須な機能において重要な役割を果たしている。しかし、その分子機構は不明である。本研究は、ロドプシン光受容体が視細胞の円板膜において、どのようなメカニズムにより凝集構造を形成するのかを、再構成膜、超高分解能顕微鏡(高速AFM)、シミュレーションなどにより明らかにする方法論を開発した。これらの構成的手法を統合して得られる知見は、ロドプシン超分子構造が光シグナル伝達においてどのような働きをするのかを、分子レベルで明らかにする基盤となり、他のシグナル伝達経路の研究にも重要な示唆を与えるものである。

研究成果の概要(英文)：Rhodopsin (Rh), a G-protein-coupled-receptor (GPCR) that initiates the phototransduction, is reported to form supramolecular clusters in the disk membrane. However, the presence and functional roles of Rh clusters have been elusive. We reconstituted Rh in model membranes on the solid substrate and studied Rh clusters in a bottom-up approach. By using the high-speed AFM, we observed that Gt molecules bound on Rh clusters. In addition, we performed coarse-grained molecular dynamics simulations of a disk membrane model containing unsaturated/saturated lipids, cholesterol, and Rh-dimers. The simulations revealed that only the H1/H8 dimer could form a row structure. The results from the bottom-up approaches give insight into the self-assembly mechanisms of proteins and lipids to organize Rh clusters, and provide a basis to understand the roles of supramolecular aggregation in the phototransduction.

研究分野：生物物理学

キーワード：生体膜 シグナル伝達 膜タンパク質 ロドプシン 膜ドメイン 超分子クラスター

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

生体膜は脂質と膜タンパク質から形成される 2 次元秩序構造であり、多くの細胞に普遍的に存在し、発生、情報伝達、免疫など多くの局面で重要な機能を果たしている。近年、膜内でのメゾスケールの秩序構造形成、例えば、膜タンパク質の超分子構造や脂質ラフト形成とその意義が注目されている<sup>1</sup>。視細胞円板膜の光信号変換機構も、光受容体タンパク質ロドプシンが超分子クラスター(2次元結晶)を形成し、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>2-4</sup>。本研究を発案した時点で、我々はロドプシンが円板膜中央部で動的クラスターを形成することなど、新しい知見を近赤外線蛍光によって確認していた。我々の得た結果の示すところは、ロドプシンは多量体化に伴って脂質ラフトを組織化し、超分子構造形成を自己触媒するという新しい視点であった

(図1)<sup>5</sup>。我々は、この独自の視点に立ち、円板膜での秩序構造形成の原理的理解には、分子を組み合わせてシステムを構築するボトムアップ的(構成的)なアプローチが重要であると考えた。本計画では、パターン化人工膜でのロドプシンの自己組織化やその動態観察を目指すとともに、分子動力的シミュレーション研究技法や高速原子間力顕微鏡(高速AFM)によるロドプシン秩序構造の動態観察に挑んだ。

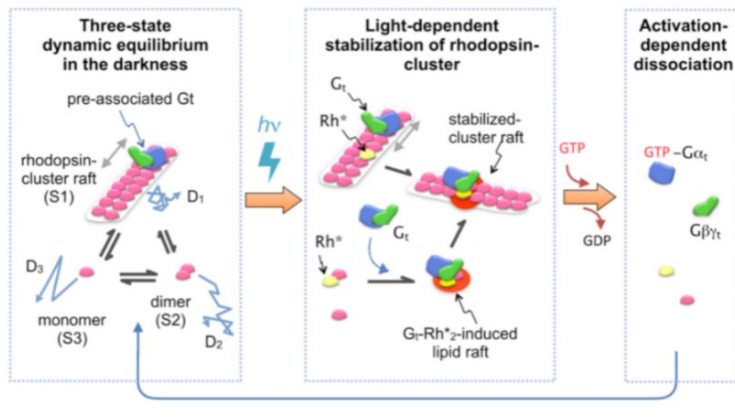
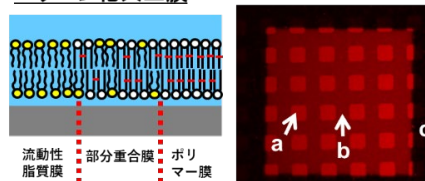


図1 円板膜におけるRh超分子クラスターとモノマー、ダイマーとの動的な平衡(模式図)。引用文献(5)より

### 2. 研究の目的

本研究は、Rhなどの分子群が形成する2次元秩序構造を、*in vitro*アッセイ系において再構成し、形成原理と機能を評価する手法を開発することを目的とした。我々は、生体膜のモデル系として、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を開発した<sup>6,7</sup>(図2)。そして、ラフト領域(秩序液晶相: lo相)と非ラフト領域(無秩序液晶相: ld相)をパターン化した人工膜を用いて lo/ ld相へのRhの分配から、Rhのラフトへの親和性を定量的に評価することに成功した<sup>8</sup>。本研究では、パターン化人工膜においてRhのラフト親和性と超分子クラスター形成との相関を検証することを最終目標として、固体基板表面でのRh超分子クラスターを高速原子間力顕微鏡(AFM)で解析する技術を開発した。また、人工膜における再構成と並行して、粗視化分子動力学モデルを用いて膜内分子の分布・凝集状態をシミュレーションすることで、実験では観測・定量が困難な素過程の解明を行い、*in silico*計算と*in vitro*実験の協調を通じて生体膜における2次元秩序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。

#### パターン化人工膜



#### パターン化相分離

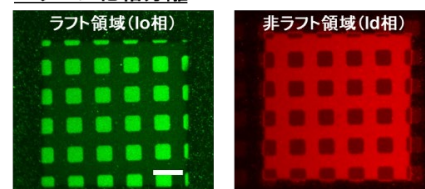


図2 生体膜における相分離を模倣した人工膜: (a)流動性脂質膜、(b)部分重合膜、(c)ポリマー脂質膜の3領域からなるパターン化人工膜を用いたラフト領域(lo相)、非ラフト領域(ld相)のパターン化相分離(スケールバーは20μm)

### 3. 研究の方法

(1) パターン化ポリマー膜: パターン化ポリマー膜の作製には、光重合性脂質である 1,2-bis(10,12-tricosadiynoyl)-sn-glycerol-3'-3-phosphocholine (DiynePC) を用いた。この脂質は紫外光により重合するジアセチレン脂質であり、SPB を作製し紫外光を照射すると脂質分子が架橋され安定なポリマー化脂質膜が形成される<sup>9</sup>。DiynePC モノマーを基板表面に吸着させ、パターンが施されたフォトマスクを用いて紫外光照射することで、任意のパターンを有するポリマー膜が作製できる。界面活性剤を処理することにより脂質が取り除かれた部分には新たに脂質二分子膜を導入することが可能である。

(2) パターン化人工膜へのロドプシン再構成: Rh は、ウシガエル (*Rana catesbeiana*) 桿体外節にある円板膜より調製した。再構成方法としては、(1) 界面活性剤を用いた可溶化状態からの再構成、(2) 円板膜由来ベシクルからの直接導入、というふたつの手法を試みた。(1) 界面活性剤を用いた可溶化状態からの再構成: 円板膜に界面活性剤 (octylglucoside (OG) および lauryl maltose neopentyl glycol (LMNG)) を用いた。それぞれの界面活性剤の臨界ミセル濃度以上の

濃度で Rh を円板膜より可溶化し、人工膜存在下で急速に希釈することで Rh を人工膜中の流動性脂質膜部位に導入した。(2) 円板膜由来ベシクルからの直接導入：円板膜を超純水中で処理すると浸透圧によってベシクルが放出される。このベシクルをパターン化人工膜の区画内に直接導入して平面膜を形成した。Rh の蛍光観察は、蛍光色素 (Cy7) による直接標識もしくは、C 末端に特異的な蛍光標識 Fab 抗体を用いて行った。

(3) ロドプシン超分子クラスターの作製と高速 AFM 観察：高速 AFM を用いて Rh 超分子クラスター形成を観察するための膜系として、円板膜を尿素で処理して表在性タンパク質を除去したもの (Urea 膜)、円板膜を界面活性剤 (Tween80) で処理して脂質を一部除去し Rh を濃縮したもの (Lipid depleted membrane: LDM) <sup>10</sup> を検討した。LDM については、Tween80 処理における界面活性剤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と光シグナル伝達活性のバランスをとることが試みられた。ダイマー化、疑似結晶形成を促進するために、LDM 試料調製時に抗ロドプシン抗体 (IgG) を加えることも試みた。

(4) 数理モデルを用いたシミュレーション：網膜円板膜での Rh 二量体による列構造形成を検証するために、脂質分子と Rh 分子を円形粒子で表現した粗視化分子動力学モデルを構築した。Rh 二量体の 2 次元構造は、16 個の円形粒子を使用した 2 次元弾性ネットワークとして構築した。H1 / H8 ダイマーモデルは、Rh ダイマー活性化形態の X 線結晶構造解析結果に基づいて占有位置を決定した。H4 / H5 ダイマーモデルは、H1 / H8 ダイマーモデルの分子位置を反対側の分子と交換することによって構築した。Rh 二量体、飽和脂質、および不飽和脂質の面積占有率は、27%、5%、58%と仮定してシミュレーションを行った。

#### 4. 研究成果

(1) パターン化人工膜へのロドプシン再構成：

Rh を再構成する方法として、(1) 界面活性剤を用いた可溶化状態からの再構成、(2) 円板膜由来ベシクルからの直接導入、というふたつの手法を試みた。(1) の手法ではより高純度な Rh を精製することができるが、(2) の手法では円板膜由来の Rh をより直接的に高密度で導入できるというメリットがある。

(1) 界面活性剤を用いた可溶化：円板膜に界面活性剤を処理して Rh を可溶化した。界面活性剤として、従来より Rh 可溶化に用いられてきた octylglucoside (OG) のほか、クライオ電子顕微鏡での単粒子解析などに用いられる lauryl maltose neopentyl glycol (LMNG) (図 3) を用いた。LMNG の特徴は、臨界ミセル濃度 (CMC) 以下に希釈された条件でも界面活性剤分子が膜タンパク質疎水部に吸着して膜タンパク質を保護できることである <sup>11</sup>。我々の行った検討では、同一濃度の Rh (Cy7 標識) に対して、LMNG を用いた方が OG よりもより高密度な再構成が可能であることが分かった (図 3)。

(2) 円板膜由来ベシクルからの直接導入：Rh をより高密度に再構成する手段として、視細胞円板膜から得られたベシクルを用いた膜形成を試みた。円板膜を超純水中で処理すると浸透圧によってベシクルが放出される。このベシクルをパターン化人工膜の区画内に直接導入して平面膜を形成することで、高密度な Rh 導入が可能になった (図 3)。現段階ではまだ、膜構造、側方拡散などが十分に制御されていないが、今後、あらかじめ脂質組成の分かっているベシクルと円板膜由来のベシクルを混合することで、膜構造や分子側方拡散をより精密に制御して Rh 超分子クラスターを研究することが可能になるのではないかと期待される。

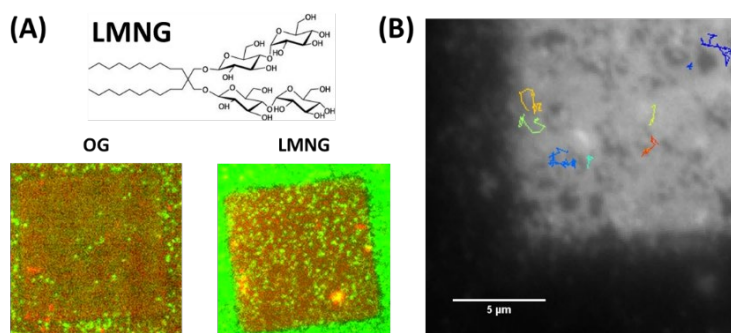


図3 界面活性剤を用いた可溶化状態からの再構成：LMNGの構造(左)および、Cy7標識Rh(76 nM)の再構成結果(パターンサイズは20 $\mu$ m)。円板膜由来ベシクルからの直接導入：円板膜を超純水中で処理して形成されるベシクルを区画内に直接導入して平面膜を形成。側方拡散するRh分子を抗体Fab'断片で1分子蛍光観察した。

(2) ロドプシン超分子クラスターの観察：

高速 AFM を用いて、Rh 超分子クラスターを観察することを試みた。観察条件を確立するために、膜系として、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もの (Urea 膜)、円板膜を界面活性剤 (Tween80) で処理して脂質を一部除去し Rh を濃縮したもの (Lipid depleted membrane: LDM)、Rh をあらかじめ脂質組成を決めた人工膜に再構成したもの (再構成膜) の 3 種類を比較した。Urea 膜は最も天然の状態に近いが、Rh 分子が高速で側方拡散するため、高分解能での画像取得は困難であった。一方、LDM や再構成膜において Rh を 1 分子レベルで構造観察することに成功した (図 4)。LDM については、Tween80 処理における界面活性剤とタンパク質の量比 (d/p 比) を変化して Rh 秩序構造の形成と光シグナル伝達活性のバランスをとることが試みられた。d/p 比を高くすることで Rh の結晶化が進み、高速 AFM による超分子クラスター観察がより顕著になった。一方、d/p 比を下げることで、Rh 活性がより

天然に近い状態で保たれて、光照射による Rh 活性化後にトランスデューシン (Gt) が Rh 分子列の表面で止まっているものも見られるようになった。さらに、LDM 試料調製時に抗ロドプシン抗体 (IgG) を加えることで、ダイマー化、疑似結晶形成が促進され、Rh 構造変化がとらえられるレベルでの

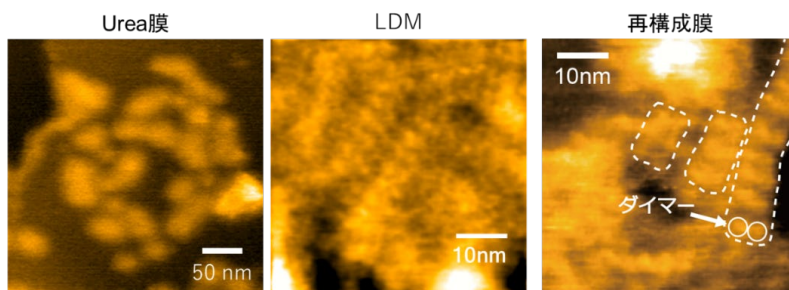


図4 高速AFMによるRh超分子クラスター観察:円板膜を尿素で処理した膜(Urea膜)、円板膜を界面活性剤(Tween80)で処理した膜(LDM)、DPPC二分子膜にRhを再構成した膜(再構成膜)の比較。LDMおよび再構成膜ではRh超分子クラスターを観察できた。

Rh 超分子クラスター高分解能観察に成功した。トランスデューシンとの結合機能を保った状態での Rh 超分子クラスター観察は極めて重要な成果であり、今後、試料調製・観察条件を改良することで、Rh 超分子クラスターにおけるシグナル伝達分子機構をより詳細に解明できるものと期待される。

### (3) 数理モデルを用いたシミュレーション:

Rh が存在する円板膜は、多量の不飽和脂質に加え、少量(脂質の8%程度)のコレステロールと飽和脂質から構成されている。コレステロールと飽和脂質は膜内で脂質ラフトと呼ばれるナノサイズのドメインを形成する事が知られる。円板膜や人工膜を用いた検討から、Rh 2量体化がラフト親和性を劇的に増大させること、これが円板膜での光シグナル伝達にも大きな影響を与えることが示唆されている。しかし2つの Rh 分子が互いにどのような向きで結合しているかについての2つのモデル構造

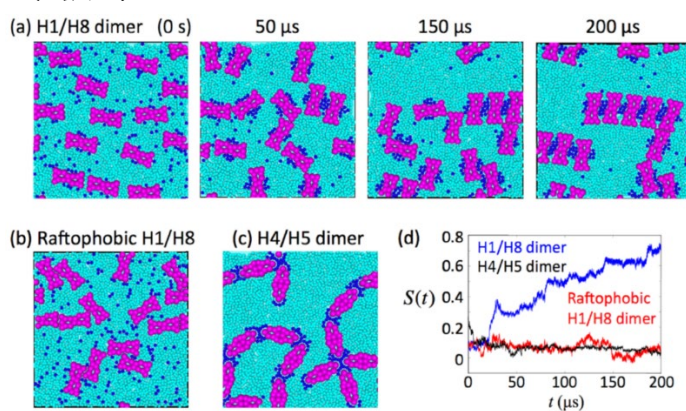


図5 円板膜におけるRhダイマーの凝集挙動:H1/H8ダイマーとH4/H5ダイマーの超分子クラスター形成挙動を比較した。引用文献(12)より

(H1/H8、H4/H5)を比較すると、強いラフト親和性を持つ部位(ロドプシンの飽和脂肪酸修飾)が、H4/H5では2量体の遠く離れた両端に、H1/H8では2量体の中心付近に位置すること、つまりロドプシン2量体とラフトドメインの相互作用の詳細は、両モデル間で全く異なると考えられた。上記2種類のロドプシン2量体モデルについて、それらが不飽和及び飽和脂質からなる脂質2層膜に組み込まれた粗視化分子動力学モデルを構成し、動態をシミュレーションしたその結果、ラフト親和的な部位をその中心付近に持つRh2量体(H1/H8)だけが列状超構造を形成し得ることや、ラフトドメインが2量体を繋ぐ「糊」の役を担う事で、長い列状超分子構造が形成・維持される事が明らかになった(図3)<sup>12</sup>。

### (4) 考察および今後の展望

本研究では、視細胞円板膜の脂質とタンパク質(ロドプシン)からなる2次元秩序構造を人工膜に再構成して、Rh超分子クラスターを高速AFMを用いて観察することを試みた。界面活性剤を用いて可溶化、精製されたRhを人工膜に再構成するアプローチでは、界面活性剤の種類に応じて再構成効率が異なることが分かった。しかし、再構成されたRh密度は比較的小さかったため、Rh超分子クラスターを形成、解析するためには今後、Rhをより高密度で再構成する条件の開発および、2次元電気泳動などによって濃縮する技術が必要である<sup>13</sup>。Rhをより高密度に再構成する手段として、視細胞円板膜から得られたベシクルを用いた膜形成を試みた。本研究ではまだ、大部分のRh分子が基板表面で固定化された状態となり、側方拡散を観察することはできなかった。近年、高等植物で光合成を行うチラコイド膜を、リン脂質ベシクルと混合して基板表面に再構成することに成功している<sup>14,15</sup>、今後、あらかじめ脂質組成の分かっているベシクルと円板膜由来のベシクルを混合することで、膜構造や分子側方拡散をより精密に制御してRh超分子クラスターを研究することが可能になるのではないかと期待される。また、Rh構造変化がとらえられるレベルでのRh超分子クラスター高分解能観察に成功した。また、円板膜を界面活性剤(Tween80)で処理して脂質を一部除去しRhを濃縮した膜(Lipid depleted membrane: LDM)では、高速AFMによりRhを1分子レベルで構造観察することに成功した。そして、光照射によるRh活性化後にトランスデューシン(Gt)がRh分子列の表面で止まることも観察された。トランスデューシンとの結合機能を保った状態でのRh超分子クラスター観察は極めて重要な成果であり、今後、試料調製・観察条件を改良することで、Rh超分子クラスターにおけるシグナル伝達分子機構をより詳細に解明できるものと期待される。一方で、数理モ

デルを用いたシミュレーションによりラフト親和的な部位を中心付近に持つ Rh2 量体 (H1/H8) が列状超構造を形成し列状超分子構造が形成・維持される事が明らかになった。本研究において得られた、再構成膜、高速 AFM、シミュレーションを合わせた構成的アプローチを統合して得られる知見は、ロドプシン超分子構造が光シグナル伝達においてどのような働きをするのかを分子レベルで明らかにする基盤となる。他のシグナル伝達経路の研究にも大きな示唆を与えるものである。

#### <引用文献>

- (1) Kusumi, A.; Fujiwara, T. K.; Chadda, R.; Xie, M.; Tsunoyama, T. A.; Kalay, Z.; Kasai, R. S.; Suzuki, K. G. N. Dynamic organizing principles of the plasma membrane that regulate signal transduction: Commemorating the fortieth anniversary of Singer and Nicolson's fluid-mosaic model. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* **2012**, *28*, 215-250.
- (2) Cangiano, L.; Dell'Orco, D. Detecting single photons: A supramolecular matter? *FEBS Lett.* **2013**, *587*, 1-4.
- (3) Gunkel, M.; Schöneberg, J.; Alkhalidi, W.; Irsen, S.; Noé, F.; Kaupp, U. B.; Al-Amoudi, A. Higher-order architecture of rhodopsin in intact photoreceptors and its implication for phototransduction kinetics. *Structure* **2015**, *23*, 1-11.
- (4) Fotiadis, D.; Liang, Y.; Filipek, S.; Saperstein, D. A.; Engel, A.; Palczewski, K. Rhodopsin dimers in native disc membranes. *Nature* **2003**, *421*, 127-128.
- (5) Hayashi, F.; Saito, N.; Tanimoto, Y.; Okada, K.; Morigaki, K.; Seno, K.; Maekawa, S. Raftophilic rhodopsin clusters offer stochastic platforms for G protein signalling in retinal discs. *Commun. Biol.* **2019**, *2*, 209.
- (6) Morigaki, K.; Baumgart, T.; Offenhäusser, A.; Knoll, W. Patterning solid-supported lipid bilayer membranes by lithographic polymerization of a diacetylene lipid. *Angew. Chem., Int. Ed.* **2001**, *40*, 172-174.
- (7) Okazaki, T.; Morigaki, K.; Taguchi, T. Phospholipid vesicle fusion on micropatterned polymeric bilayer substrates. *Biophys. J.* **2006**, *91*, 1757-1766.
- (8) Tanimoto, Y.; Okada, K.; Hayashi, F.; Morigaki, K. Evaluating the raftophilicity of rhodopsin photoreceptor in a patterned model membrane. *Biophys. J.* **2015**, *109*, 2307-2316.
- (9) Morigaki, K.; Baumgart, T.; Jonas, U.; Offenhäusser, A.; Knoll, W. Photopolymerization of diacetylene lipid bilayers and its application to the construction of micropatterned biomimetic membranes. *Langmuir* **2002**, *18*, 4082-4089.
- (10) Corless, J. M.; McCaslin, D. R.; Scott, B. L. Two-dimensional rhodopsin crystals from disk membranes of frog retinal rod outer segments. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **1982**, *79*, 1116-1120.
- (11) Hauer, F.; Gerle, C.; Fischer, N.; Oshima, A.; Shinzawa-Itoh, K.; Shimada, S.; Yokoyama, K.; Fujiyoshi, Y.; Stark, H. GraDeR: Membrane protein complex preparation for single-particle cryo-EM. *Structure* **2015**, *23*, 1769-1775.
- (12) Kaneshige, Y.; Hayashi, F.; Morigaki, K.; Tanimoto, Y.; Yamashita, H.; Fuji, M.; Awazu, A. Affinity of rhodopsin to raft enables the aligned oligomer formation from dimers: Coarse-grained molecular dynamics simulation of disk membranes. *PLoS One* **2020**, *15*, e0226123.
- (13) Cheetham, M. R.; Bramble, J. P.; McMillan, D. G. G.; Bushby, R. J.; Olmsted, P. D.; Jeuken, L. J. C.; Evans, S. D. Manipulation and sorting of membrane proteins using patterned diffusion diffusion-aided ratchets with AC fields in supported lipid bilayers. *Soft Matter* **2012**, *8*, 5459-5465.
- (14) Yoneda, T.; Tanimoto, Y.; Takagi, D.; Morigaki, K. Photosynthetic model membranes of natural plant thylakoid embedded in a patterned polymeric lipid bilayer. *Langmuir* **2020**, *36*, 5863-5871.
- (15) Meredith, S. A.; Yoneda, T.; Hancock, A. M.; Connell, S. D.; Evans, S. D.; Morigaki, K.; Adams, P. G. Model lipid membranes assembled from natural plant thylakoids into 2-D microarray patterns as a platform to assess the organization and photophysics of light-harvesting proteins. *Small* **2021**, *17*, 2006608.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 28件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Nomura K, Yamaguchi T, Mori S, Fujikawa K, Nishiyama K, Shimanouchi T, Tanimoto Y, Morigaki K, Shimamoto K.	4. 巻 117
2. 論文標題 Alteration of membrane physicochemical properties by two factors for membrane protein integration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biophys. J.	6. 最初と最後の頁 99-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bpj.2019.05.014	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 Hayashi F, Saito N, Tanimoto Y, Okada K, Morigaki K, Seno K, Maekawa S.	4. 巻 2
2. 論文標題 Raftophilic rhodopsin clusters offer stochastic platforms for G protein signalling in retinal discs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-019-0459-6	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 森垣憲一	4. 巻 59
2. 論文標題 パターン化人工膜を用いた生体膜機能の解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生物物理	6. 最初と最後の頁 188-191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophys.59.188	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 Tamura F, Tanimoto Y, Nagai R, Hayashi F, Morigaki K.	4. 巻 35
2. 論文標題 Self-spreading of phospholipid bilayer in a patterned framework of polymeric bilayer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 14696-14703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.9b02685	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 Kaneshige Y, Hayashi F, Morigaki K, Tanimoto Y, Yamashita H, Fuji M, Awazu A.	4. 巻 15
2. 論文標題 Affinity of rhodopsin to raft enables the aligned oligomer formation from dimers: Coarse-grained molecular dynamics simulation of disk membranes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 e0226123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0226123	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 H. Yamashita, N. Handa, Y. Higashiura, M. Abe	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 M. Hashimoto, S. Kitaoka, M. Furuya, H. Kanetaka, K. Hoshikaya, H. Yamashita, and M. Abe	4. 巻 127
2. 論文標題 Enhancement of cell differentiation on a surface potential-controlled nitrogen-doped TiO <sub>2</sub> surface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 636-641
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.19114	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 S. Ojima, D. Katsube, H. Yamashita, Y. Miyato, S. Abo, and M. Abe	4. 巻 58
2. 論文標題 Surface structure switching between (1 × 1) and (1 × 2) of rutile TiO <sub>2</sub> (110) with scanning tunneling microscopy and low energy electron diffraction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 S11A10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab19a3	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 山下隼人	4. 巻 54
2. 論文標題 高速原子間力顕微鏡によるバクテリア細胞表面の高解像イメージング	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 顕微鏡	6. 最初と最後の頁 62-66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11410/kenbikyo.54.2_62	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 Hirofumi Niiya, Akinori Awazu, Hiraku Nishimori	4. 巻 10
2. 論文標題 Simple Particle Model for Low-Density Granular Flow Interacting with Ambient Fluid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geosciences	6. 最初と最後の頁 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/geosciences10020069	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 Takeru Kameda, Akinori Awazu, Yuichi Togashi	4. 巻 6
2. 論文標題 Histone Tail Dynamics in Partially Disassembled Nucleosomes During Chromatin Remodeling	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Front. Mol. Biosci.	6. 最初と最後の頁 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmolb.2019.00133	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 Daming Liu, Akinori Awazu, Tetsushi Sakuma, Takashi Yamamoto, Naoaki Sakamoto	4. 巻 61
2. 論文標題 Establishment of knockout adult sea urchins by using a CRISPR Cas9 system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Development Growth and Regeneration	6. 最初と最後の頁 378-388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/dgd.12624	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 Morigaki Kenichi, Tanimoto Yasushi	4. 巻 1860
2. 論文標題 Evolution and development of model membranes for physicochemical and functional studies of the membrane lateral heterogeneity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes	6. 最初と最後の頁 2012 ~ 2017
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbamem.2018.03.010	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 Tanabe Masashi, Ando Koji, Komatsu Ryota, Morigaki Kenichi	4. 巻 14
2. 論文標題 Nanofluidic Biosensor Created by Bonding Patterned Model Cell Membrane and Silicone Elastomer with Silica Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 1802804 ~ 1802804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.201802804	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 Hashimoto Masami, Ogawa Takafumi, Kitaoka Satoshi, Muto Shunsuke, Furuya Maiko, Kanetaka Hiroyasu, Abe Masayuki, Yamashita Hayato	4. 巻 155
2. 論文標題 Control of surface potential and hydroxyapatite formation on TiO <sub>2</sub> scales containing nitrogen-related defects	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 379 ~ 385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2018.05.072	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 Kashida Hiromu, Hattori Yuhei, Tazoe Kaho, Inoue Tadashi, Nishikawa Keiji, Ishii Kentaro, Uchiyama Susumu, Yamashita Hayato, Abe Masayuki, Kamiya Yukiko, Asanuma Hiroyuki	4. 巻 140
2. 論文標題 Bifacial Nucleobases for Hexaplex Formation in Aqueous Solution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 8456 ~ 8462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b02807	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 Matsushima Yuki, Sakamoto Naoaki, Awazu Akinori	4. 巻 123
2. 論文標題 Insulator Activities of Nucleosome-Excluding DNA Sequences without Bound Chromatin Looping Proteins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 1035 ~ 1043
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b10518	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 Takao Kazutaka, Takamiya Kazunori, Ding Da-Qiao, Haraguchi Tokuko, Hiraoka Yasushi, Nishimori Hiraku, Awazu Akinori	4. 巻 88
2. 論文標題 Torsional Turning Motion of Chromosomes as an Accelerating Force to Align Homologous Chromosomes during Meiosis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 023801 ~ 023801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.023801	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 Awazu Akinori, Tanabe Takahiro, Kamitani Mari, Tezuka Ayumi, Nagano Atsushi J.	4. 巻 8
2. 論文標題 Broad distribution spectrum from Gaussian to power law appears in stochastic variations in RNA-seq data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-26735-4	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 Nishimura Toshiki, Tamura Fuyuko, Kobayashi Sawako, Tanimoto Yasushi, Hayashi Fumio, Sudo Yuki, Iwasaki Yasuhiko, Morigaki Kenichi	4. 巻 33
2. 論文標題 Hybrid Model Membrane Combining Micropatterned Lipid Bilayer and Hydrophilic Polymer Brush	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 5752 ~ 5759
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.7b00463	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 Morigaki Kenichi, Tanimoto Yasushi	4. 巻 114
2. 論文標題 Evolution and development of model membranes for physicochemical and functional studies of the membrane lateral heterogeneity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes	6. 最初と最後の頁 In press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbamem.2018.03.010	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 Kinoshita Masanao, Suzuki Kenichi G.N., Matsumori Nobuaki, Takada Misa, Ano Hikaru, Morigaki Kenichi, Abe Mitsuhiro, Makino Asami, Kobayashi Toshihide, Hirose Koichiro M., Fujiwara Takahiro K., Kusumi Akihiro, Murata Michio	4. 巻 216
2. 論文標題 Raft-based sphingomyelin interactions revealed by new fluorescent sphingomyelin analogs	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Cell Biology	6. 最初と最後の頁 1183 ~ 1204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1083/jcb.201607086	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 Nomura Kaoru, Tanimoto Yasushi, Hayashi Fumio, Harada Erisa, Shan Xiao-Yuan, Shionyu Masafumi, Hijikata Atsushi, Shirai Tsuyoshi, Morigaki Kenichi, Shimamoto Keiko	4. 巻 56
2. 論文標題 The Role of the Prod1 Membrane Anchor in Newt Limb Regeneration	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 270 ~ 274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201609703	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 Maruyama Yoko, Ueno Satoko, Morita Mitsuhiro, Hayashi Fumio, Maekawa Shohei	4. 巻 673
2. 論文標題 Inhibitory effect of several sphingolipid metabolites on calcineurin	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neuroscience Letters	6. 最初と最後の頁 132 ~ 135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neulet.2018.03.010	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 Seno Keiji, Hayashi Fumio	4. 巻 292
2. 論文標題 Palmitoylation is a prerequisite for dimerization-dependent raftophilicity of rhodopsin	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 15321 ~ 15328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1074/jbc.M117.804880	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 Matsushita Masaya, Ochiai Hiroshi, Suzuki Ken-ichi T., Hayashi Sayaka, Yamamoto Takashi, Awazu Akinori, Sakamoto Naoaki	4. 巻 130
2. 論文標題 Dynamic changes in the interchromosomal interaction of early histone gene loci during development of sea urchin	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Cell Science	6. 最初と最後の頁 4097 ~ 4107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jcs.206862	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 Katsube Daiki, Yamashita Hayato, Abo Satoshi, Abe Masayuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Combined pulsed laser deposition and non-contact atomic force microscopy system for studies of insulator metal oxide thin films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 686 ~ 692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjnano.9.63	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 山下隼人	4. 巻 69
2. 論文標題 ナノスケールの動的プロセスを可視化する高速AFM	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 生産と技術	6. 最初と最後の頁 18-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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47件(うち招待講演 27件/うち国際学会 19件)

1. 発表者名 Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Patterned model biological membrane on the solid substrate: Potentials for biophysical studies and biomedical applications
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Micropatterned model biological membrane: Potentials for biophysical studies and biomedical applications
3. 学会等名 MNP Reserch Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Micropatterned model biological membrane: Potentials for biophysical studies and biomedical applications
3. 学会等名 Bio-Nano-Summer school 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenichi Morigaki, Fuyuko Tamura, Yasushi Tanimoto, Rurika Nagai, Misato Yamada, Fumio Hayashi
2. 発表標題 Hybrid photosynthetic system of natural plant thylakoids and synthetic lipids reconstituted into a supported microscale membrane array
3. 学会等名 ACS National meeting & Expo (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 米田 卓郎、谷本 泰士、高木 大輔、森垣 憲一
2. 発表標題 ガラス基板表面におけるチラコイド膜の再構成と光合成機能解析
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金重 先人、谷本 泰士、西森 拓、森垣 憲一、林 文夫、粟津 暁紀
2. 発表標題 網膜桿体細胞内円盤膜上での脂質-光受容タンパク質秩序形成の数理モデル
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷本 泰士、山田 美紗登、林 文夫、森垣 憲一
2. 発表標題 インクジェット塗布を用いたパターン化人工生体膜の開発
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 干鰯谷 和彦、谷本 泰士、山下 隼人、森垣 憲一、林 文夫、阿部 真之
2. 発表標題 ロドプシンクラスター上におけるトランスデューシンの動的過程の高速AFM観察
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 文夫、杭田 扶子、森垣 憲一、妹尾 圭司
2. 発表標題 リン酸化ロドプシン・アレスチン複合体は視細胞円板膜切れ込み部に集まる
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永井るりか、谷本泰土、笠井倫志、鈴木健一、林 文夫、森垣憲一
2. 発表標題 細胞膜断片プレブを用いたモデル生体膜への膜タンパク質再構成
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杭田 美子、谷本 泰土、林 文夫、森垣 憲一
2. 発表標題 パターン化モデル膜を用いたロドプシンリン酸化とアレスチン結合の解析
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 TakuroYoneda, Yasushi Tanimoto, Daisuke Takagi, Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Reconstitution of a photosynthetic system into a two-dimensional patterned model membrane
3. 学会等名 日米二国間セミナー（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米田 卓郎、谷本 泰土、高木 大輔、森垣 憲一
2. 発表標題 パターン化人工生体膜を用いた光合成機能評価技術の開発
3. 学会等名 第10回日本光合成学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永井るりか、谷本泰土、笠井倫志、鈴木健一、林 文夫、森垣憲一
2. 発表標題 パターン化人工膜への膜タンパク質の再構成
3. 学会等名 光・量子デバイス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下隼人
2. 発表標題 高速AFMによる細菌生細胞膜分子の高解像動態イメージング
3. 学会等名 日本顕微鏡学会 第62回シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Yamashita, N. Handa, Y. Higashiura, M. Abe
2. 発表標題 Instrumental development of the scanner for high-speed scanning tunneling microscopy
3. 学会等名 12th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 山下隼人、干鰯谷和彦、谷本泰士、森垣憲一、林文夫、阿部真之
2. 発表標題 光信号伝達におけるロドプシンクラスター上でのトランスデューション動態過程の高速AFM観察
3. 学会等名 生体エネルギー研究会第45回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Nomura, H. Yamashita, O. Hisatomi, M. Abe,
2. 発表標題 Single molecular dynamics imaging of DNA binding photoreceptor protein, Photozipper, by high-speed AFM
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 干鰯谷和彦、谷本泰士、山下隼人、林文夫、森垣憲一、阿部真之
2. 発表標題 ロドプシンクラスター上におけるトランスデューション動態プロセスの高速AFM観察
3. 学会等名 研究会「理論と実験」2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akinori Awazu
2. 発表標題 Insulator Activities of Nucleosome-Excluding DNA Sequences Without Chromatin Loop Form
3. 学会等名 The 57th Annual Meeting of Biophysical Society of Japan (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Patterned model membrane on the solid substrate
3. 学会等名 Bioelectrochemistry and more...2018, AIT/CEST Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Reconstituting Membrane Proteins in a Patterned Model Membrane
3. 学会等名 Workshop on Proteins in Artificial Membranes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenichi Morigaki, Yasushi Tanimoto, Hayato Yamashita, Akinori Awazu, Fumio Hayashi
2. 発表標題 Raftophilicity and aggregation of membrane proteins in the photo-transduction
3. 学会等名 日本生物物理学会第56回年会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森垣憲一
2. 発表標題 人工生体膜とナノ空間を用いた生体分子計測技術の開発
3. 学会等名 量子ビームによるナノ構造形成とその医療・バイオ応用技術調査専門委員会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Development of complex and functional model membranes on solid substrate
3. 学会等名 International Symposium on Science and Technology of Molecular Assemblies for Biomaterials Innovation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森垣憲一
2. 発表標題 生体分子のインクジェット塗布におけるトレハロースの効果
3. 学会等名 第22回トレハロースシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenichi Morigaki
2. 発表標題 Model biological membrane on the solid substrate: Potentials for biophysical studies and biomedical applications
3. 学会等名 Biochemistry and Cell & Developmental Biology Seminar Series at Weill Cornell Medicine (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenichi Morigaki, Fuyuko Tamura, Yasushi Tanimoto, Rurika Nagai, Misato Yamada, Fumio Hayashi
2. 発表標題 Self-spreading of a phospholipid bilayer in the scaffold of polymerized lipid bilayer
3. 学会等名 257th ACS National Meeting and Exposition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下隼人
2. 発表標題 生細胞膜分子動態を観る極限時空間分解能AFMの創成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会(2019)コラボレーション企画(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下隼人
2. 発表標題 生体分子のナノ動態を可視化する高速原子間力顕微鏡
3. 学会等名 ナノ技術応用分科会講演会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Tanimoto, H. Yamashita, K. Nomura, M. Abe, F. Hayashi, K. Morigaki
2. 発表標題 Observing the interaction between rhodopsin cluster and transducin by high-speed AFM
3. 学会等名 日本生物物理学会第56回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金重 先人, 谷本 泰士, 西森 拓, 林 文夫, 森垣 憲一, 粟津 暁紀
2. 発表標題 A mathematical model of pattern formation of lipid-photoreceptor protein on disk membrane o retinal cells
3. 学会等名 日本生物物理学会第56回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金重 先人, 谷本 泰士, 西森 拓, 林 文夫, 森垣 憲一, 粟津 暁紀
2. 発表標題 網膜桿体細胞内円盤膜上での脂質-光受容タンパク質秩序形成の数理モデル
3. 学会等名 定量生物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金重 先人, 谷本 泰士, 西森 拓, 林 文夫, 森垣 憲一, 粟津 暁紀
2. 発表標題 網膜桿体細胞内円盤膜上での脂質-光受容タンパク質秩序形成の数理モデル
3. 学会等名 日本物理学会 2019春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Morigaki, K., Nishimura, T., Tamura, F., Kobayashi, S., Tanimoto, Y., Sudo, Y., Hayashi, F., Iwasaki, K.
2. 発表標題 Hybrid model membrane combining micropatterned lipid bilayer and hydrophilic polymer brush
3. 学会等名 253rd American Chemical Society National Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森垣憲一
2. 発表標題 人工膜を用いた膜シグナル伝達機構の再構成と定量的解析
3. 学会等名 理研シンポジウム「細胞システムの動態と論理 IX」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morigaki, K.
2. 発表標題 Micropatterned model membrane to elucidate the functional roles of lipid micro-domains in the signal transduction cascade
3. 学会等名 Tethmem 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morigaki, K.
2. 発表標題 Model membrane on a solid substrate: Crawling to grow from 2D into 3D structures
3. 学会等名 BioNano summer school (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morigaki, K.
2. 発表標題 Model membrane on the solid substrates with increased complexity and functions
3. 学会等名 International Symposium on Science and Technology of Molecular Assemblies for Biomaterials Innovation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morigaki, K.
2. 発表標題 Patterned lipid bilayer on solid substrate as a versatile model system of biological membrane
3. 学会等名 3rd International Conference on Bioinspired and Zwitterionic Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morigaki, K., Tanimoto, Y., Kojima, S., Awazu, A., Hayashi, F.
2. 発表標題 Reconstitution and quantitative analyses of membrane signal transduction by using micropatterned model system
3. 学会等名 ConBio 2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morigaki, K.
2. 発表標題 Patterned model biological membrane on the solid substrate
3. 学会等名 9th International Workshop on Nanostructures and Nanoelectronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Morigaki, K., Tanabe, M., Komatsu, R., Ando, K.
2. 発表標題 Nanometric gap structure for selective biosensing created with patterned lipid bilayer, silicone elastomer, and silica nanoparticles
3. 学会等名 255th American Chemical Society National Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下隼人, 田岡東, 福森義宏, 阿部真之
2. 発表標題 生細胞膜分子イメージングのための高速AFMスキャナーの開発
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hayato Yamashita, Azuma Taoka, Yoshihiro Fukumori, and Masayuki Abe
2. 発表標題 Molecular imaging on living bacterial cell surface by high speed AFM
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hayato Yamashita, Kyosuke Kato, and Abe Masayuki
2. 発表標題 High speed AFM imaging under controlled temperature
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Surface Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hayato Yamashita, Azuma Taoka, Yoshihiro Fukumori, Masayuki Abe
2. 発表標題 Molecular imaging on living bacterial cell surface by high speed AFM
3. 学会等名 ConBio2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 スキャナ及び走査型プローブ顕微鏡	発明者 山下隼人、阿部真之	権利者 国立大学法人大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2017/044060	出願年 2017年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件



〔その他〕

神戸大学 森垣研究室  
<http://www2.kobe-u.ac.jp/~morigaki/>  
 神戸大学バイオシグナル総合研究センター環境物質応答部門  
<http://www.research.kobe-u.ac.jp/rceg-nowstone/index.html>  
 神戸大学（森垣憲一）  
<http://www2.kobe-u.ac.jp/~morigaki/>  
 神戸大学 環境物質科学  
<http://www.research.kobe-u.ac.jp/rceg-nowstone/index.html>

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	山下 隼人  (Hayato Yamashita)  (10595440)	大阪大学・基礎工学研究科・助教   (14401)	
研究分担者	粟津 暁紀  (Akinori Awazu)  (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