

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H03665

研究課題名（和文）細胞中心方向物質輸送機構の構造基盤解明

研究課題名（英文）Structural basis for the centripetal transport mechanism

研究代表者

昆 隆英（KON, Takahide）

大阪大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：30332620

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：ダイニンは、ATP加水分解を利用して微小管上を滑り運動する巨大なモータータンパク質複合体で、そのモーター活性は、細胞中心方向への物質輸送・細胞移動・細胞分裂など本質的な生命活動の駆動に必須である。しかし、これら多様な細胞内機能を発揮するための基盤となる「ダイニン複合体が微小管上を輸送運動するメカニズム」はいまだに謎に包まれている。研究代表者らは、本研究において、ダイニン力発生過程における新規の中間状態を発見し、その構造を近原子分解能で明らかにすることに成功した。本研究成果は、ダイニン力発生機構の全貌解明に向けた重要基盤になり得るものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、細胞内物質輸送・細胞移動・細胞分裂など本質的な生命活動の分子・原子レベルでの理解に貢献するもので、理学的な観点から十分な学術的意義があると考えられる。また本研究は、細胞内物質輸送機構の機能不全と深く関連する疾病（不妊・気道障害・神経変性疾患など）の発症機構理解への寄与も期待される。

研究成果の概要（英文）：Dynein is a huge microtubule-based motor protein complex that drives a wide range of biological processes in eukaryotic cells, including cell division, cell migration and intracellular centripetal trafficking. However, the mechanism by which dynein moves along microtubules, which underlies its diverse intracellular functions, is still a mystery. In this study, we discovered a novel intermediate state in the dynein force generation process and determined its structure at near-atomic resolution. This study provides a structural basis for understanding the mechanism underlying dynein-based centripetal transport system.

研究分野：生物物理学

キーワード：細胞内物質輸送 構造生物学 生物物理学 分子モーター ナノマシン ダイニン 微小管

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

本研究課題は、いまだに謎に包まれている巨大モータータンパク質複合体「ダイニン」の「微小管上運動機構」を構造生物学的アプローチにより明らかにすることを目指すものである。

私たちの体を構成する細胞の中では、細胞骨格系分子モーターとよばれる3種類のタンパク質群—ミオシン、キネシン、ダイニン—がATP加水分解で得られた化学エネルギーを力学的運動へと変換することで、生命活動に必要な様々な細胞運動を駆動している。主に筋肉の収縮を駆動するミオシンと、細胞の周辺方向(微小管プラス端方向)への物質輸送を主に担うキネシンについては、その運動機構と運動制御機構を原子レベルで議論することが可能な段階にまで研究が進展している。対照的に、細胞の中心方向(微小管マイナス端方向)への物質輸送を担う「ダイニン」の運動発生・制御機構については、半世紀に及ぶ精力的な研究にもかかわらず、多くの未解決問題が残されており、その解明は生物物理学・細胞生物学分野の重要な研究課題のひとつである。

ダイニン研究の進展を阻んできた主要因のひとつは、その原子構造が明らかにされていないことにある。1990年代に結晶構造が決定されたミオシンやキネシンとは異なり、ダイニンの構造についての私たちの知見は、最近まで主にネガティブ染色電子顕微鏡像に依存している状況にあり、その運動機構を議論するには信頼性及び空間分解能がまったく不十分であった。結晶構造解析の試みも継続的になされてきたが、ダイニン分子の巨大・複雑かつ構造的柔軟性を持つという特性ゆえにその高分解能構造解析は非常に困難であり、成功例は皆無であった。

こうした状況の中、研究代表者らはこの問題に取り組み、過去半世紀にわたり待ち望まれてきたダイニン中核領域(モータードメイン(MD); 380 kDa)の結晶構造解析を遂に成功させた。まず、構造・機能解析の鍵となる組換えダイニンの大量発現系を世界に先駆けて開発した(Kon 2004 *Biochemistry*)。次に、ダイニンMD全体の結晶化と4.5 Å分解能での解析を行うことで、2次構造レベルでその構造を明らかにした(Kon 2011 *Nature Struct. Mol. Biol.*)。さらに、2.8 Å分解能での結晶構造解析を行うことにも成功し、各アミノ酸残基レベルで運動機構の議論が可能なダイニンMDの原子構造を決定した(Kon 2012 *Nature*)。一方で、MRC/LMB(英国)およびUCSF(米国)の研究グループも、3-4 Å分解能のダイニンMDの結晶構造(Schmidt 2014 *Nature* など)や、ダイナクチンの中分解能構造(Urnavicus 2015 *Nature*)を申請者らとほぼ同時期に報告している。これら一連の研究の結果、ダイニンのメカニズム研究は遂に原子レベルで議論することが可能な段階に達することとなった。

2. 研究の目的

このような現状で、ダイニンが駆動する『細胞中心方向への輸送機構』の全貌を明らかにするためには、次にどのような知見が必要だろうか? ダイニン中核領域の原子構造が明らかになり、ダイニン分子単体のメカニズム研究が急速に進展しつつある現在、ダイニン分子の『微小管上を運動するメカニズム』の構造基盤解明が次の最重要課題のひとつであると言えるだろう。

ダイニン-微小管系メカニズムの構造基盤については現時点でも多数の未解明課題が存在するが、本研究では、その中でも特に重要と考えられる次の課題に取り組むことで、細胞中心方向への輸送機構解明を目指した:(1) 微小管に強く結合した状態の細胞質ダイニンの構造解析;(2) 微小管に強く結合した状態の繊毛ダイニンの構造解析;(3) ダイニンを中核とする細胞中心方向輸送マシナリーの構造機能解析。

3. 研究の方法

本研究課題は、クライオ電顕構造解析とX線結晶構造解析を中心とし、一分子機能解析を相補的に利用するハイブリッドアプローチによるダイニンのメカニズム研究である。

研究対象である細胞質ダイニンタンパク質については、研究代表者らが確立した細胞性粘菌 *Dictyostelium discoideum* 大量発現・精製系を用いて調製した。本系を用いることで運動活性を維持した単分散の組換えダイニンタンパク質をミリグラムオーダーで得ることができる。もう一つの研究対象である繊毛ダイニン複合体については、単細胞緑藻 *Chlamydomonas reinhardtii* から従来法改良した方法により調製した。

X線結晶構造解析については、研究代表者(昆隆英)が、組換えタンパク質の設計、発現、精製、結晶化およびX線結晶構造解析を行った。構造解析計算については、蛋白質結晶構造解析の専門家である栗栖源嗣博士(大阪大学蛋白質研究所)の支援を受けつつ行った。昆と栗栖は、科研費補助金基盤研究(B)「巨大モーター蛋白質ダイニンのX線結晶構造解析による作動機構の解明」(H23-H25)において共同研究を行い、ダイニンMDの最初の結晶構造解析を成功させた実績があり、本研究においてもそのノウハウを最大限利用した。本研究課題におけるX線回折データ収集には、SPRING-8の大阪大学蛋白質研究所ビームライン(BL-44XU)を利用した。

クライオ電子顕微鏡法を用いるアプローチについては、国際的な競合が予測される重要プロジェクトであるため、蛋白質電子顕微鏡解析の専門家3名—Anthony Roberts博士(英国London大学)、今井洋博士(中央大学)、光岡薫博士(大阪大学超高压電顕センター)—との緊密な共同

研究により強力に推進した。昆・Roberts・今井は、Human Frontier Science Program (HFSP) grant「Structure and mechanism of cytoplasmic dynein」(H20-H24)において国際共同研究を行ってきた実績があり、現在も緊密な連携関係を継続している。本研究では、今井と昆が中心となってダイニン・微小管のクライオ電顕像撮影を行い、ダイニン単粒子解析に豊富な経験を有するRobertsの技術的支援を受けつつ構造解析を遂行した。また本研究では、近年劇的な技術革新が達成されている電子直接検出型クライオ電子顕微鏡を用いるが、その取り扱いについては、豊富な経験を有する光岡から技術支援を受けた。

ダイニンの一分子機能解析については、内橋貴之博士(金沢大学)・飯野亮太博士(分子科学研究所)との共同研究により遂行した。

4. 研究成果

(1) 微小管に強く結合している状態の「細胞質ダイニン」分子の構造解析

ダイニンモーターが、どのようにして化学的エネルギーを力学的エネルギー変換するのかという基盤的問題は、ダイニンのいくつかの中間状態構造が近原子分解能で明らかになっているにもかかわらず、完全解明には程遠い状況にある。未解明問題の中でも特に重要なものの一つは、ダイニンの力発生直後の構造遷移、すなわち、ADP結合構造の詳細とヌクレオチドなし構造(apo構造)への遷移機構である。これまでの研究から、ADP放出がダイニンATPaseの律速段階であり、ダイニンの微小管への結合がADP放出を加速すること、そして、力学的負荷に依存してADP放出速度が変調することが示されてきた。また、生化学・力学計測研究により、ダイニンには明確に異なる2種類のADP結合状態が存在することが示唆されてきた。しかし一方で、現段階までに報告されているダイニンのADP結合構造は本質的に一つだけであり、上述のADP放出機構の構造基盤を十分に説明できるものではなかった。

そこで本研究では、この重要なADP結合状態に焦点を絞り、その高分解能構造をクライオ電子顕微鏡像単粒子解析法により明らかにすることで、ダイニンの化学-力学エネルギー変換の重要過程の解明を目指した。まず、研究代表者らが世界に先駆けて開発した組替えダイニン発現・精製系をクライオ電子顕微鏡法向けに最適化することで、高純度かつ単分散性の極めて高い標的タンパク質をミリグラムオーダーで安定して調製する方法を確立した。次に、得られたダイニン複合体タンパク質を対象としたクライオグリッド調製法の諸検討を網羅的に行い、その結果として、ダイニン中核領域について、3Åを超える空間分解能のクーロンポテンシャルマップを得ることが可能となった。さらに、得られたマップを構造解析した結果、従来未知であったダイニンの第二のADP結合構造を近原子分解能で捉えることに遂に成功した(投稿準備中)。本発見は、ダイニンの力発生直後の構造と構造遷移について新たな知見をもたらすものであり、ダイニン力発生機構の全貌解明に向けた重要基盤になり得るものである。

(2) 微小管に強く結合している状態の「繊毛ダイニン」分子の構造解析

ダイニンはその細胞内機能に基づき二つのサブグループ、「細胞質ダイニン」と「繊毛ダイニン」に大別される。前者については上述の通り、そのメカニズム研究が現在まさに進行中であるが、後者については、前者との類似性が予想されるものの、メカニズムの構造基盤はほとんど明らかになっていないのが現状である。精子の尾部に代表される繊毛は、単細胞緑藻からヒトに至るまで高度に保存された細胞小器官で、その内部には、~10種類の繊毛ダイニンが規則的に配置されており、それらの協調的な力発生により繊毛の美しい波打運動が生成される。しかしこれら繊毛ダイニンに関する我々の構造的知見は不十分であり、その力発生機構を近原子分解能で議論できる段階には達していない。

そこで本研究では、高分解能構造情報が極めて乏しい繊毛内腕ダイニン群に焦点を絞り、それらのクライオ電子顕微鏡構造解析を試みた。内腕ダイニン群は、いずれも機械的ストレスに極端に弱いという特性を有するため、標準的なクライオグリッド作成法では、その過程でことごとく変性してしまう。本研究では、この問題を乗り越えるために、~2年間に及ぶ地道な検討を続け、変性問題に対処する新手法を確立した。その結果、内腕ダイニン的一种について、分子全体で7Å程度、モーター活性を発揮する中核領域については4Åを超える分解能での構造解析に成功した。また、本構造研究では、当該内腕ダイニンの力発生前・後の両方の構造を明らかにすることにも成功しており、生体防御や受精に極めて重要な役割を果たす「繊毛運動」について、そのメカニズムの一端を明らかにすることができた(投稿準備中)。さらに本研究では、「ダイニン複合体が微小管上を輸送運動するメカニズム」を解明する上で重要な「繊毛ダイニンの休止状態」の低分解能構造を捉えることにも初めて成功している。現在、この休止状態構造の詳細を近原子分解能で明らかにするために、クライオ電子顕微鏡法を適用するための諸条件の検討を進めている。

(3) ダイニンを中核とする細胞中心方向輸送マシナリーの構造機能解析

細胞中心方向への物質輸送機構理解への鍵の一つである「二量体ダイニンの微小管上輸送運動」について、従来達成されたことのない高速・高精度での測定(時間分解能<100μ秒;空間分解能<1nm)を行う系を確立し、細胞内条件に近い高濃度ATP存在下でのダイニン分子の歩行運動の一步一步を可視化することに成功した(Ando et al., Sci. Rep., 2020; 科学新聞 2020年2月14日)。

キネシン・ダイニン輸送系が機能する上で重要な「積荷アダプター」についても機能・構造研究を行い、mRNA 輸送アダプターの一つである TDP-43 の mRNA 結合に重要な役割を果たすタンパク質内領域を同定することに成功した (Ishiguro et al., FEBS Lett., 2020)。さらに繊毛内輸送アダプターの一つである FBB18 について、その結晶構造を 2.3 Å で明らかにすることに成功し、繊毛内物質輸送機構の一端を明らかにした (論文投稿中)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Kutomi O, Yamamoto R, ..., Imai H, ..., Murata K, Mitsuoka K, Ishikawa T, Wakabayashi K, Kon T, Inaba K	4. 巻 7
2. 論文標題 A dynein-associated photoreceptor protein prevents ciliary acclimation to blue light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabf3621
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1126/sciadv.abf3621	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 Yamamoto Ryosuke, Hwang Juyeon, Ishikawa Takashi, Kon Takahide, Sale Winfield S.	4. 巻 78
2. 論文標題 Composition and function of ciliary inner dynein arm subunits studied in Chlamydomonas reinhardtii	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cytoskeleton	6. 最初と最後の頁 77～96
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/cm.21662	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 Yamamoto, R., Yanagi, S., Nagao, M., Yamasaki, Y., Tanaka, Y., Sale, W.S., Yagi, T., Kon, T.	4. 巻 16
2. 論文標題 Mutations in PIH proteins MOT48, TWI1 and PF13 define common and unique steps for preassembly of each, different ciliary dynein	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS Genetics	6. 最初と最後の頁 e1009126
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pgen.1009126	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 Shima T., Kon, T.	4. 巻 1
2. 論文標題 Structural and Functional Analysis of the Dynein Motor Domain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Handbook of Dynein 2nd edition (Amos, L and Hirose, K., Eds)	6. 最初と最後の頁 37-66
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 -

1. 著者名 Ando Jun, Shima Tomohiro, Kanazawa Riko, Shimo-Kon Rieko, Nakamura Akihiko, Yamamoto Mayuko, Kon Takahide, Iino Ryota	4. 巻 10
2. 論文標題 Small stepping motion of processive dynein revealed by load-free high-speed single-particle tracking	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-58070-y	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 Ishiguro Akira, Kimura Nobuyuki, Noma Takashi, Shimo Kon Rieko, Ishihama Akira, Kon Takahide	4. 巻 594
2. 論文標題 Molecular dissection of ALS linked TDP 43 - involvement of the Gly rich domain in interaction with G quadruplex mRNA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 FEBS Letters	6. 最初と最後の頁 2254 ~ 2265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1873-3468.13800	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 今井洋, 昆隆英	4. 巻 70
2. 論文標題 動物細胞に共通する細胞内の輸送システム	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 生産と技術	6. 最初と最後の頁 73-76
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 無
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 Yamamoto Ryosuke, Obbineni Jagan M., Alford Lea M., Ide Takahiro, Owa Mikito, Hwang Juyeon, Kon Takahide, Inaba Kazuo, James Noliyanda, King Stephen M., Ishikawa Takashi, Sale Winfield S., Dutcher Susan K.	4. 巻 13
2. 論文標題 Chlamydomonas DYX1C1/PF23 is essential for axonemal assembly and proper morphology of inner dynein arms	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLOS Genetics	6. 最初と最後の頁 e1006996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pgen.1006996	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

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 雷宜慈, 今井洋, 山本遼介, 重兼拓実, 下理恵子, 上村慎治, 八木俊樹, 梶村直子, 光岡薫, 昆隆英
2. 発表標題 電子顕微鏡単粒子解析法による繊毛ダイニン新規構造の解明
3. 学会等名 生体運動研究合同班会議
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 重兼拓実, 今井洋, 昆隆英
2. 発表標題 ダイニンメカニズム解明の新展開
3. 学会等名 第11回分子モーター討論会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masato Watanabe, Hiroshi Imai, Tomoko Miyata, Fumiaki Makino, Gerle Christoph, Etsuko Muto, Kaoru Mitsuoka, Genji Kurisu, Keiichi Namba, Takahide Kon
2. 発表標題 Development of a new method to measure dissociation constant of filamentous protein complexes by electron microscopy
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 Yici Lei, Hiroshi Imai, Ryosuke Yamamoto, Rieko Shimo-Kon, Shinji Kamimura, Toshiki Yagi, Naoko Kajimura, Mika Hirose, Takayuki Kato, Kaoru Mitsuoka, Takahide Kon
2. 発表標題 Novel ciliary dynein structure revealed by electron microscopy
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Yamamoto, Yuhei Nakagiri, Osamu Kutomi, Hiroshi Imai, Song Chihong, Kazuyoshi Murata, Kaoru Mitsuoka, Ken-ichi Wakabayashi, Takashi Ishikawa, Kazuo Inaba and Takahide Kon
2. 発表標題 In situ localization of a novel ciliary-dynein subunit having a light-sensing domain revealed by cryo-electron tomography
3. 学会等名 顕微鏡学会第76回学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yui Kurume, Hiroshi Imai, Kazuki Iwasaki, Shinji Kamimura, Reiko Shimo-Kon, Ryosuke Yamamoto, Takahide Kon
2. 発表標題 Release mechanism of the shutdown state of cytoplasmic dynein revealed by electron microscopy
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 Yici Lei, Hiroshi Imai, Ryosuke Yamamoto, Akira Fukunaga, Reiko Shimo-Kon, Shinji Kamimura, Toshiki Yagi, Takahide Kon
2. 発表標題 Novel ciliary dynein structure revealed by negative stain EM
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 Hiroshi Imai, Yumiko Kaminoe, Yoshie Harada, Takahide Kon, Masayoshi Nishiyama, Shinji Kamimura
2. 発表標題 Effects of high hydrostatic pressure on intracellular Ca ²⁺ concentration of sea urchin live sperm
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 Hiroshi Imai, Toshiya Kawasaki, Chihong Song, Kazuyoshi Murata, Takahide Kon, Shinji Kamimura
2. 発表標題 How could planarians glide over a substrate at a high speed?
3. 学会等名 第42回エアロ・アクアバイオメカニズム学会講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ishiguro A, Kimura N, Noma T, Kon T.
2. 発表標題 Guanine oxidization of G-quadruplex affects TDP-43 dependent mRNA transport
3. 学会等名 5th RNA Metabolism in Neurological Disease Conference（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ando J, Shima T, Nakamura A, Akasit V, Yamamoto M, Kon T, Iino R.
2. 発表標題 Single-particle tracking of motor domain of a processive dynein at microsecond time resolution and nanometer localization precision
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ishiguro A, Kimura N, Noma T, Kon T.
2. 発表標題 Molecular mechanisms of interaction between ALS causative proteins and an RNA G-quadruplex
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Imai H, Kato T, Gerle C, Muto E, Kurisu G, Namba K, Kon T.
2. 発表標題 A new negative staining EM method at high protein concentration for sample evaluation of cryo-EM single particle analysis
3. 学会等名 生理研究会「クライオ電子顕微鏡によるタンパク質の高分解能単粒子構造解析」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今井洋, 中桐侑平, Gerle,C, 武藤悦子, 栗栖源嗣, 昆隆英
2. 発表標題 高タンパク質濃度条件下のタンパク質複合体の構造を観察するための新規のネガティブ染色電子顕微鏡法
3. 学会等名 生体運動合同班会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ishiguro A, Kimura N, Katayama A, Kon T.
2. 発表標題 ALS-linked G-quadruplex binding proteins TDP-43 and FUS have common and distinct roles in the molecular interaction mechanisms
3. 学会等名 NEURO2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamamoto R, Nakagiri Y, Kutomi O, Imai H, Wakabayash K, Ishikawa T, Inaba K, Kon T
2. 発表標題 Structural/functional analyses on MOT7, a novel light chain of ciliary dynein f/I1
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 Kubo S, Shima T, Kon T, Takada S
2. 発表標題 The research about movement directionality dependent on the microtubule binding domain of cytoplasmic dynein
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 Imai H, Kato T, Gerle C, Muto E, Kurisu G, Namba K, Kon T.
2. 発表標題 A newly developed negative staining method for high protein concentration of the protein complexes
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 Yamamoto R, Nakagiri Y, Kutomi O, Imai H, Song C, Murata K, Mitsuoka K, Wakabayashi K, Ishikawa T, Inaba K, Kon T.
2. 発表標題 Cryo-electron tomography revealed localization of a novel ciliary dynein subunit, MOT7.
3. 学会等名 生理研究会「クライオ電子顕微鏡によるタンパク質の高分解能単粒子構造解析」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahide Kon
2. 発表標題 Struture and mechanism of dynein motors
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 Shinji Iida, Benjamin Hanson, Narutoshi Kamiya, Genji Kurisu, Takahide Kon, Haruki Nakamura, Sarah Harris
2. 発表標題 Multiscale Simulations of Cytoplasmic Dynein: From All-atom to Continuum Mechanics
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 Hiroshi Imai and Takahide Kon
2. 発表標題 How does cytoplasmic dynein look like while dynein stepping along microtubules
3. 学会等名 International Workshop Dynein 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>大阪大学大学院理学研究科生物科学専攻・昆研究室 http://www.bio.sci.osaka-u.ac.jp/bio_web/lab_page/kon/</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
連携研究者	今井 洋 (Imai Hiroshi) (60391869)	中央大学・理工学部・助教 (32641)	

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
連携研究者	光岡 薫 (Mitsuoka Kaoru) (60301230)	大阪大学・超高圧電子顕微鏡センター・教授 (14401)	
連携研究者	内橋 貴之 (Uchihashi Takayuki) (30326300)	金沢大学・数物科学系・教授 (13301)	

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 Connecticut Health Center	Emory University		
英国	University of London			
スイス連邦	Paul Sherrer Institut			