

4. 主な取組事例

機構本部

○共創戦略統括本部の創設に向けた体制整備

これまで国際的先端研究や国内の共同利用・共同研究の推進に向けた支援（情報発信・広報、研究者支援、産学連携など）を行ってきた研究力強化推進本部と、新分野の創成を目指す機構の理念を具体化されるための研究活動と国際連携研究の更なる発展を図るために研究活動を実施してきた新分野創成センターと国際連携研究センターを統合して新たに設置する共創戦略統括本部の組織体制の検討を進めた。（同本部は令和5年4月1日に設置）

共創戦略統括本部

機構長

共創戦略統括本部

Headquarter for Co-Creation Strategy

本 部 長（研究担当理事）
副 本 部 長（国際担当理事）
統括ディレクター（統括URA）

共創戦略統括本部運営委員会

企画戦略室

- ▶ 共創基盤運用検討チーム
（広報・産学連携・共同利用・ダイバーシティ・オープンミックスラボ・大型研究支援・新分野探査等）
- ▶ 組織間連携
（URAの協働によるMIRAI-DXの活用や、機関を超えた連携の場の提供等）

□ 先端光科学研究分野

□ アストロフュージョンプラズマ研究分野

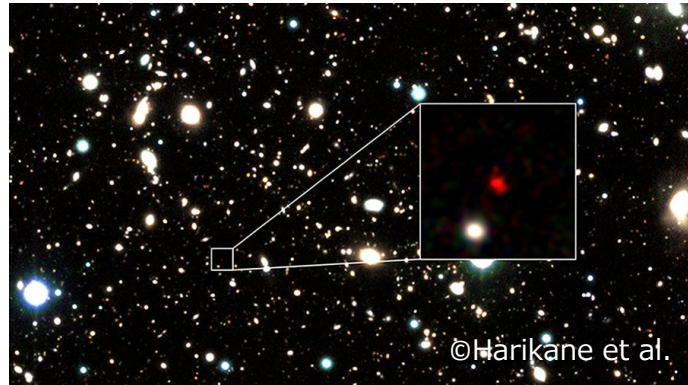
□ 定量・イメージング生物学研究分野

各機関 研究力強化戦略室

○すばる望遠鏡やアルマ望遠鏡を用いた 最遠方銀河の探査

東京大学の播金優一助教、早稲田大学の井上昭雄教授を中心とする国際研究チームは、国立天文台が運用するすばる望遠鏡やアルマ望遠鏡のデータを組み合わせて、135億光年彼方にある観測史上最遠方の銀河の候補（HD1）を発見した。この天体は想定されていたよりはるかに明るく、宇宙初期に原始ガスから銀河がどのように生まれてきたのかを明らかにする上で重要な発見である。2022年度に観測を開始した米国のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡のデータを用いたさらに遠方の銀河の探査も、国立天文台の研究者を含む日本の研究グループが精力的に進めており、宇宙初期での銀河形成についてさらなる発見が期待される。

論文: Y. Harikane et al. A Search for H-Dropout Lyman Break Galaxies at $z \sim 12-16$, *The Astrophysical Journal* (2022), DOI:10.3847/1538-4357/ac53a9
※ Space Science分野の高被引用論文 (highly cited paper)。
参考: <https://www.nao.ac.jp/news/science/2022/20220407-alma.html>

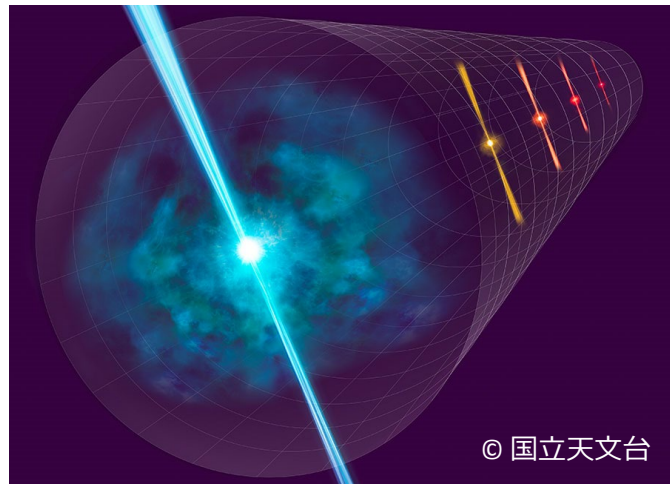


研究チームが発見した、観測史上最遠方の銀河の候補「HD1」の疑似カラー画像（拡大図中の赤い天体）

○宇宙の距離測定に使う新しい標準光源の 確立

国立天文台のマリア・ダイノッティ助教を中心とする国際研究チームは、宇宙の距離推定の標準光源として、従来使われてきたIa型超新星爆発よりも遠くにある、クエーサーやガンマ線バーストを使う新しい解析手法を確立した。国立天文台のすばる望遠鏡による可視光観測や、X線衛星観測の結果を組み合わせて、ガンマ線バーストを起こした天体のバースト発生時の光度を推定する。これらの天体を用いた距離測定により、より高い精度で宇宙の膨張率などを決めることが可能になり、宇宙論の研究が進むことが期待される。

論文1: M.G. Dainotti et al. The Optical Two and Three-Dimensional Fundamental Plane Correlations for Nearly 180 Gamma-Ray Burst Afterglows with Swift/UVOT, RATIR, and the SUBARU Telescope, *The Astrophysical Journal Supplement Series* (2022), DOI:10.3847/1538-4365/ac7c64
論文2: M.G. Dainotti et al. Quasar Standardization: Overcoming Selection Biases and Redshift Evolution, *The Astrophysical Journal* (2022), DOI:10.3847/1538-4357/ac6593 ※ Space Science分野の高被引用論文 (highly cited paper)
参考: <https://www.nao.ac.jp/news/science/2022/20220722-dos.html>

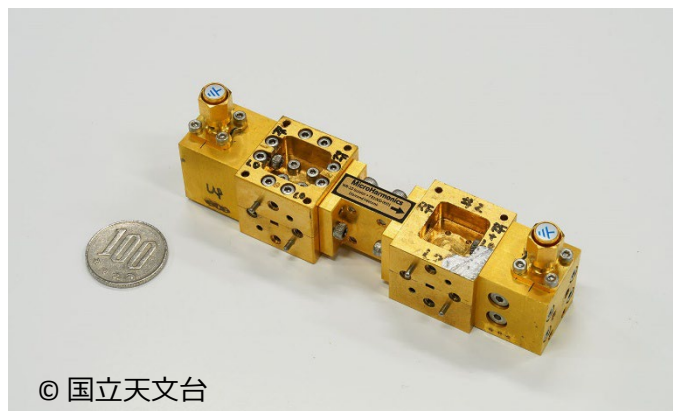


ガンマ線バースト(ジェットを噴き出している光点)を用いて宇宙の膨張を測定 (模式図)

○超低消費電力なマイクロ波増幅器の 実証に成功

国立天文台の小嶋崇文准教授らの研究チームは、電波天文観測用の電磁波検出素子を増幅素子として用いる、新しい概念の「超伝導マイクロ波増幅器」(SISアンプ)を考案し、従来の冷却型半導体増幅器よりも消費電力が3桁以上低く、小型で高性能な冷却型増幅器の実証に成功した。この成果は、多数の低雑音マイクロ波増幅器を必要とする大規模な多素子電波撮像装置(電波カメラ)や、大規模な誤り耐性型量子コンピュータの実現に貢献することが期待される。

論文: T.Kojima et al. "Characterization of a Low-noise Superconductor-Insulator-Superconductor-based Microwave Amplifier with Local Oscillator Phase-adjusting Architecture", *Applied Physics Letters* (2022), DOI:10.1063/5.0134595
参考: <https://www.nao.ac.jp/news/science/2023/20230320-atc.html>



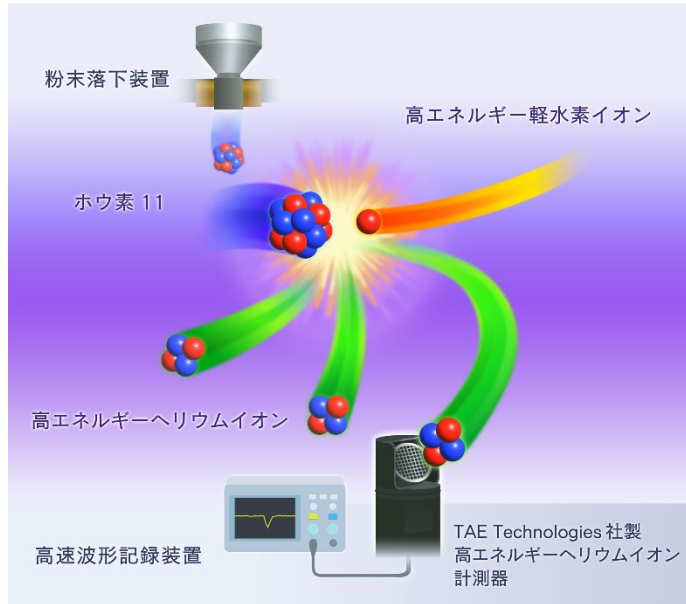
© 国立天文台

開発したSISアンプ(左右両端の立方体がSISミキサ)

○先進的核融合燃料を使った核融合反応の実証

米国・核融合スタートアップ企業であるTAEテクノロジーズ社との共同研究により、磁場で閉じ込めたプラズマ中での軽水素とホウ素 11 の核融合反応を世界で初めて実証した。同反応は中性子を発生しないため、先進的でクリーンな核融合炉の実現が期待され、本論文の成果により、その実現に向けて大きな一歩を踏んだ。本論文は、2023年2月21日に発表されたが、同年5月8日の段階で1万8千件を超えるアクセスがあり、学術的に高い関心が寄せられている。また、日本経済新聞(3月21日朝刊)や日刊工業新聞(5月4日)などにも取り上げられ、社会的にも大きな注目を浴びている。

論文: R.M. Magee, K. Ogawa et al, First measurements of $p^{11}B$ fusion in a magnetically confined plasma, Nature Communications (2023), DOI:10.1038/s41467-023-36655-1
 参考: <https://www.nifs.ac.jp/news/researches/230309-01.html>

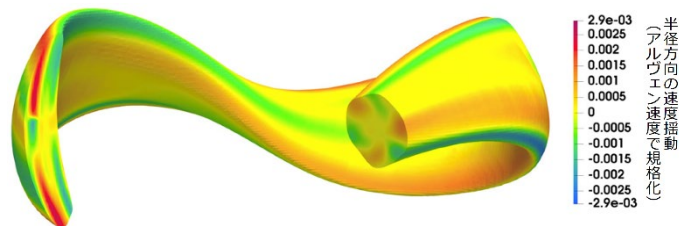


粉末落下装置から導入されたホウ素と高エネルギー軽水素イオンとの核融合反応によって発生した高エネルギーヘリウムイオンが検出器にて計測される様子

○準軸対称ヘリカルプラズマの数値解析

核融合科学研究所と西南交通大学の協力により建設が進められている準軸対称ヘリカル装置における、高エネルギー粒子が励起する不安定性について、磁場構造が準軸対称性を有する3次元プラズマの数値解析に初めて成功し、不安定モードの空間分布及び高エネルギー粒子と不安定モードの共鳴条件を明らかにした。空間分布と共鳴条件の双方において、磁場配位の2回回転対称性に起因した異なるトロイダルモード間の結合が重要であることを見出した。

論文: H. Wang et al, Simulations of energetic particle driven instabilities in CFQS, Nuclear Fusion (2022), DOI:10.1088/1741-4326/ac843a



Copyright 2022 IAEA Vienna

準軸対称ヘリカルプラズマにおける不安定モードの空間分布

○核融合プラントの新概念構築

発電のみならず核融合による熱を利用して大規模・安定な水素製造を行うとともに、製造した水素を液体水素として貯蔵し、超伝導マグネットの冷却に使用するだけでなくエネルギー備蓄として大規模災害時に活用するというこれまでにない新たな核融合プラントの概念を構築し、学術雑誌に論文発表した。本概念のイラストは、プラズマ・核融合学会誌 2023年2月号の表紙に掲載された。

論文: H. Chikaraishi et al, Conceptual Design of Fusion Power Complex with Hydrogen Storage Function in Superconducting Magnet System, Plasma and Fusion Research (2023), DOI:10.1585/pfr.18.1205001

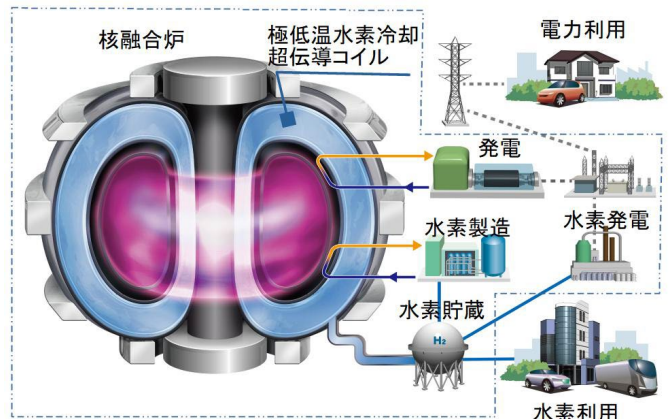


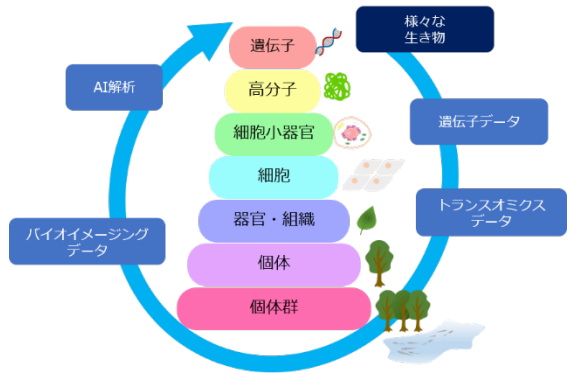
イラスト 木下真一郎

大規模水素製造と液体水素貯蔵を組み合わせたエネルギー備蓄型核融合プラントの概念図

○超階層生物学の推進

生物が示す現象を理解するためには、遺伝子から個体群にいたる様々な階層を包括的に解析することが必要である。基礎生物学研究所は、新たにAI解析を導入して多階層に渡る膨大なデータをシステムとしてつないで理解する「超階層生物学」を推進するために、既存の3センターを改組して超階層生物学センターを設置した。また、研究費を支給する「超階層生物学共同利用研究」を開始し、令和4年度は3件実施した。

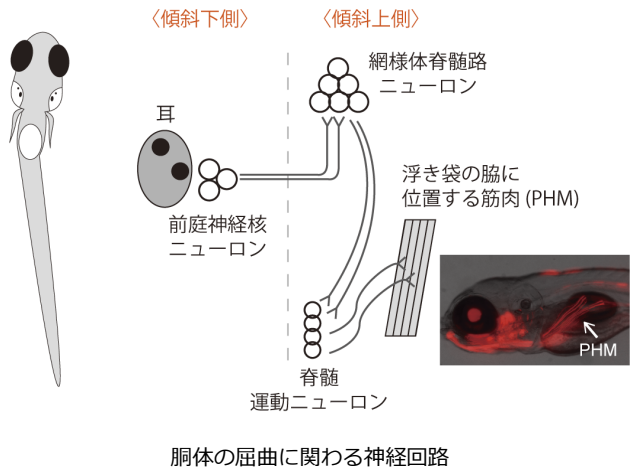
階層を超えた生命現象の理解へ



多階層の膨大なオミクスデータ、バイオイメージングデータを、AIを使って解析し、生命現象を理解する

○魚の微細な姿勢制御メカニズムと
その神経回路の解明

陸上生物では、わずかに姿勢が乱れた際に、足や胴体の筋肉の収縮をわずかに変化させるといった微細な方法で姿勢を立て直す。一方、魚における微細な姿勢制御メカニズムが存在するか否かは分かってない。本研究では、ゼブラフィッシュ仔魚を用いて、魚は左右方向にわずかに傾斜すると、胴体をわずかに屈曲することで重力と浮力の作用する軸にずれを生じさせ姿勢を立て直していることを明らかにするとともに、この胴体屈曲を駆動する神経回路の詳細を解明した。哺乳動物においても相同な神経回路が姿勢制御に重要であることから、この神経回路が脊椎動物で保存されていることがわかり、今後、哺乳類を含めた脊椎動物全体の微細な姿勢制御に関わる神経回路のより詳細な解明につながることを期待される。



論文: T. Sugioka et al, Biomechanics and neural circuits for vestibular-induced fine postural control in larval zebrafish. Nature Communications (2023), DOI:10.1038/s41467-023-36682-y

○ニコニコ生放送によるアウトリーチ活動

一般の方の科学への関心を高め、また、基礎生物学研究所での研究を紹介するために、株式会社ドワンゴとの共同で、インターネット中継（ニコニコ生放送）を実施した。2022年4月には、「イソギンチャクの「白化」現象を200時間科学する春の自由研究～基礎生物学研究所×niconico」、2022年10月には「食虫植物の捕虫をみんなでお観察しよう！～虫を捕らえる仕組みを徹底解析～」を開催した。前者は、48万4834件のアクセスと自己収入409,714円を得た。後者は、のべアクセス数は54,210件と自己収入、13万3412円を得た。

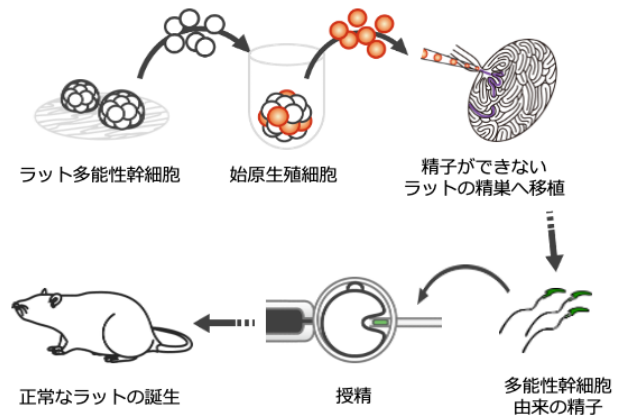


基礎生物学研究所よりニコニコ生放送にて、イソギンチャクをテーマに、基礎生物学研究所の研究者によるイソギンチャク研究紹介や解説を交えながら、8日間にわたって生放送した。

○ラット多能性幹細胞から精子・卵子の元になる細胞を作ること成功

ラットの多能性幹細胞から精子・卵子の元になる始原生殖細胞を試験管内で作ることに世界で初めて成功した。試験管内で作られた始原生殖細胞を精子のできないラットの精巣に移植すると、正常な精子が作られ、さらにそれを卵子に授精させると健康な産仔が得られた。多能性幹細胞から個体作出に繋がる始原生殖細胞の作製は、マウスに次ぐ2例目の成功であり、今後はラットとマウスの生殖細胞の特徴を比較することも可能となる。種を越えた保存性などの新知見を得ることで、試験管内での生殖細胞作製技術が一層進展するものと期待される。将来的には産業応用やヒトを対象とした医学研究への応用が期待される。

論文: M. Oikawa et al. Functional primordial germ cell-like cells from pluripotent stem cells in rats, Science (2022), DOI:10.1126 /science.abl4412
 参考: https://www.nips.ac.jp/nips_research/press/2022/04/0408.html

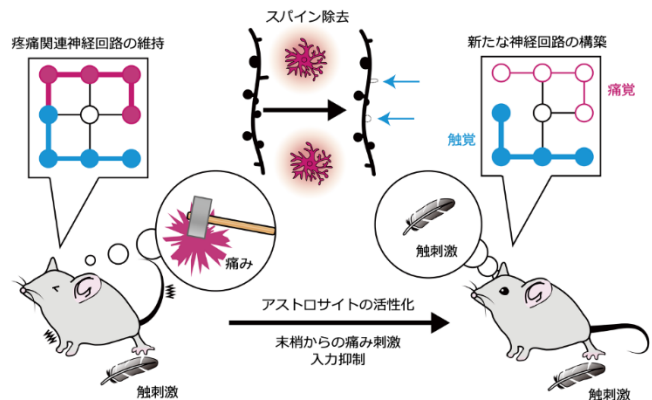


新たな生殖細胞作製技術の概念図

○神経障害性疼痛の新たな治療戦略の提唱

グリア細胞の一種である脳内のアストロサイトは、神経の接続部位であるシナプスの形成・除去に作用し、神経回路を組み換える働きをもつ。痛みを引き起こす神経回路に対してアストロサイトがどのような作用を及ぼすのかを調べるため、急性疾患後に痛みが続く難治性疾患である神経障害性疼痛のモデルマウスを用いた研究を行った。マウスの一次体性感覚野のアストロサイトを、経頭蓋直流電気刺激手法や化学遺伝学的手法により人為的に活性化させると、活性化中のみならず、その後も長期間に渡って疼痛改善効果が持続することを発見した。神経障害性疼痛の新たな治療戦略につながる画期的な成果である。

論文: I. Takeda et al. Controlled activation of cortical astrocytes modulates neuropathic pain-like behaviour, Nature Communications (2022), DOI:10.1038/s41467-022-31773-8
 参考: https://www.nips.ac.jp/nips_research/press/2022/07/post_485.html



新規疼痛治療戦略の概念図

○産業界との新たな連携の取組として「社会連携トレーニングコース」を開設

生理学領域における産業界との連携強化を目的として、企業研究者を対象とした「社会連携トレーニングコース」を開設した。2022年度は、4研究部門に加え、動物資源共同利用研究センターや、2021年度に新設した時系列細胞現象解析室と多階層生理機能解析室が担当する計6コースを実施した。参加研究者のレベルやニーズに合わせ、コース内容の細部を事前に調整するなど、様々な工夫を凝らした。すべてのコースに複数の業種から申込があり、最先端技術を学ぶために派遣された若手研究者に加え、スキルアップや新技術の探索を目的とした中堅研究者の参加があった。本取組は、産業界の研究力強化や人財育成への寄与に加え、新たな産学連携研究のシーズとなることが期待される。

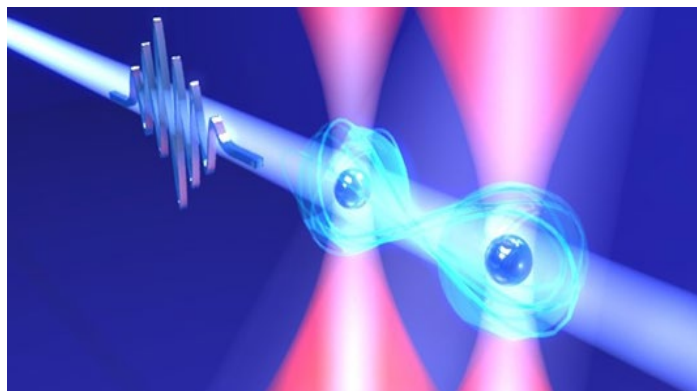


社会連携トレーニングコースの案内と当日の様子

○世界最速の2量子ビットゲートに成功

「ほぼ絶対零度に冷却したマイクロン間隔の原子2個を、10ピコ秒だけ光る特殊な超高速レーザーで操作する」という全く新しい方法によって、僅か6.5ナノ秒で動作する世界最速の2量子ビットゲート（量子コンピューティングに必要な不可欠な基本演算要素）の実行に成功した（これまでの世界記録は15ナノ秒）。現時点で開発が先行している超伝導型やイオントラップ型の限界を打ち破る画期的なハードウェアとして注目されている。当成果は英科学誌Nature Photonicsの表紙を飾り、世界中の200件以上のニュースでハイライトされた。

論文：Y. Chew et al. Ultrafast energy exchange between two single Rydberg atoms on the nanosecond timescale, Nature Photonics (2022), DOI:10.1038/s41566-022-01047-2
 参考：https://www.ims.ac.jp/news/2022/08/0809.html

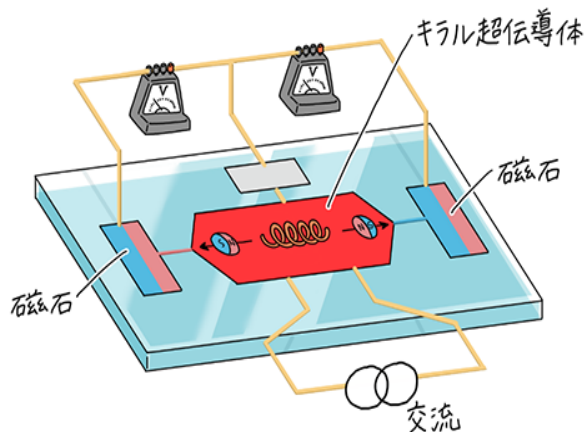


世界最速2量子ビットゲートの概念図

○磁石で左右の区別に成功

結晶構造に左右の区別がある「キラル超伝導体」に交流電流を流したところ、結晶の両端が強い磁石のようになることを発見した。また、磁石の向きによって、結晶構造が右手結晶であるか、左手結晶であるかの区別ができることを見出した。これらの成果は将来、創薬や機能性材料の開発につながる可能性があるほか、超伝導スピントロニクスという分野の開拓にも貢献するものである。当成果は英科学雑誌Natureに掲載され、新聞やWebニュースでも取り上げられた。

論文：R. Nakajima et al. Giant spin polarization and a pair of antiparallel spins in a chiral superconductor, Nature (2023), DOI:10.1038/s41586-022-05589-x
 参考：https://www.ims.ac.jp/news/2023/01/0119.html



キラル超伝導体デバイスの模式図

○タンパク質に秘められた 時を刻むための3性質を解明

体内時計を特徴づける3つの生理学的特性（リズム性、24時間周期の頑健性、同調性）を、シアノバクテリアの時計タンパク質を使って解明し、米科学誌Science Advancesをはじめとする3編の論文にそれぞれ公表した。これらの成果は、ヒトを含む高等生物における体内時計の分子基盤の探索活動にも影響を及ぼす成果として注目されており、国内の新聞記事や世界中のwebニュースとして多数取り上げられた。

論文：Y. Furuike et al. Cross-scale analysis of temperature compensation in the cyanobacterial circadian clock system, Communications Physics (2022), DOI:10.1038/s42005-022-00852-z

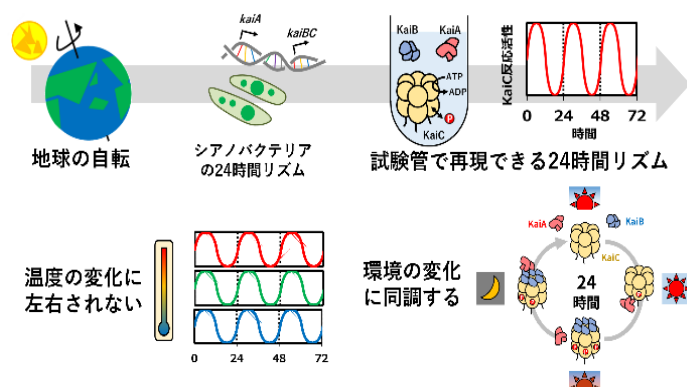
論文：Y. Furuike et al. Elucidation of master allosteric essential for circadian clock oscillation in cyanobacteria, Science Advances (2022), DOI:10.1126/sciadv.abm8990

論文：Y. Furuike et al. Regulation Mechanisms of the Dual ATPase in KaiC, Proceedings of the National Academy of Sciences USA (2022), DOI:10.1073/pnas.2119627119

参考：https://www.ims.ac.jp/news/2022/05/0506.html

参考：https://www.ims.ac.jp/news/2022/04/0418.html

参考：https://www.ims.ac.jp/news/2022/04/0413.html

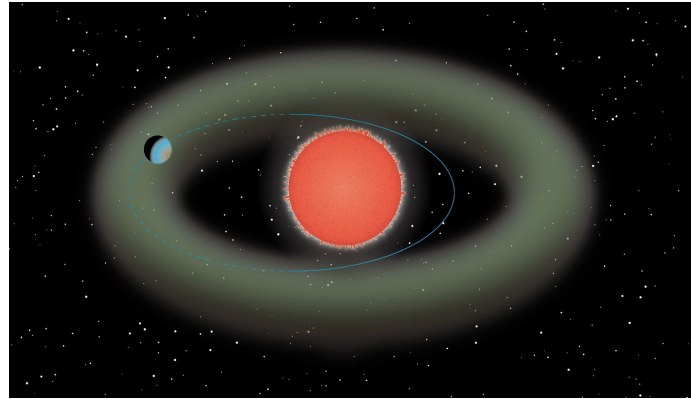


体内時計の生理学的特性の概念図

○地球型惑星を多数発見

半径が地球の1～1.5倍程度の、地球よりやや大きい岩石惑星である「スーパーアース」を含め、低温の恒星の周囲に地球型惑星を4つ発見・確認した。そのうち2つは、液体の水を持つ可能性があるハビタブルゾーン付近に位置している。他の2つのうち一つは、地球とほぼ同じ大きさをもつ系外惑星であることを発見・確認した。

論文: H. Harakawa et al. A Super-Earth Orbiting Near the Inner Edge of the Habitable Zone around the M4.5-dwarf Ross 508, Publications of the Astronomical Society of Japan (2022), DOI:10.1093/pasj/psac044
 参考: <https://www.abc-nins.jp/133/>



ハビタブルゾーン(緑の領域)を通過する軌道をもつ系外惑星ロス508bの模式図
 ©アストロバイオロジーセンター

○宇宙における光合成の蛍光の検出可能性

将来の太陽系外惑星の観測における生命の痕跡の検出可能性として、光合成由来の蛍光がどのように検出されるかの数値シミュレーションにより初めて見積もった。この結果、将来計画されている口径6mの宇宙望遠鏡では蛍光の検出は難しいものの、太陽近傍の超低温度星周りの惑星では、TMT (30m望遠鏡) などの将来の超大型地上望遠鏡による高分散分光観測により検出しやすくなる条件・特徴があることを示唆した。

論文: Y. Komatsu et al. Photosynthetic Fluorescence from Earth-like Planets around Sun-like and Cool Stars, The Astrophysical Journal (2023), DOI:10.3847/1538-4357/aca3a5
 参考: <https://www.abc-nins.jp/327/>

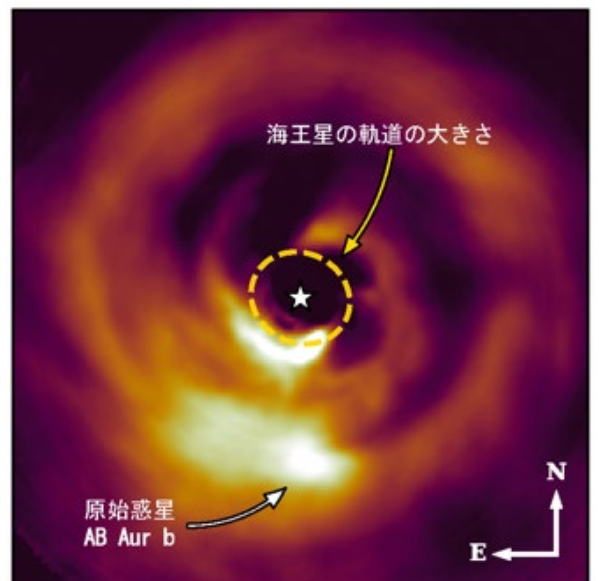


植物が蛍光を発する惑星のイメージ図
 ©アストロバイオロジーセンター

○直接撮像による原始惑星の発見

惑星形成の理解に不可欠な、原始惑星系円盤の中で生まれつつある惑星をすばる超補償光学系を用いて直接撮像により発見した。ぎよしゃ座AB星bと名付けられたこの天体は確実な原始惑星の2例目であるが、最も若い原始惑星の最初の例と考えられる。

論文: T. Currie et al. Images of embedded Jovian planet formation at a wide separation around AB Aurigae, Nature Astronomy (2022), DOI:10.1038/s41550-022-01634-x
 参考: <https://www.abc-nins.jp/193/>



すばる望遠鏡によるぎよしゃ座AB星の赤外線画像
 © T. Currie/Subaru Telescope

○糖鎖生命科学ユニットの始動

共同利用・共同研究拠点である「糖鎖生命科学連携ネットワーク型拠点 (J-GlycoNet)」の活動を東海国立大学機構糖鎖生命コア研究所及び創価大学糖鎖生命システム融合研究所と連携して本格的に始動した。

その研究成果として、特定の糖鎖によって修飾されるタンパク質に着目し、その分子構造の中に組み込まれた糖鎖修飾の制御コードと言うべきアミノ酸配列を見出し、さらに、この分子コードを組み込むことでバイオ医薬品として働くタンパク質に特定の糖鎖修飾を施すことができることを示した。

論文: T. Saito et al. An embeddable molecular code for Lewis X modification through interaction with fucosyltransferase 9, *Communications Biology* (2022), DOI:10.1038/s42003-022-03616-1
 参考: <https://www.excells.orion.ac.jp/news/5554>

○巨大ウイルス“トーキョーウイルス”の粒子構造の解明

小型の細菌に匹敵する大きさ (250 nm) を持つ巨大ウイルスの一種、トーキョーウイルスの粒子構造を超電高圧クライオ電子顕微鏡を用いて加速電圧 1 MV で観察し、7.7Å の解像度で明らかにした。結果、巨大なウイルス遺伝子を格納する新規な巨大カプセルの構造が明らかになった。

本研究はExCELLSプロジェクト研究「物質-生命の境界探査」プロジェクトの一環として実施されたものである。本研究をきっかけとして、さらに多くの巨大ウイルスの構造が明らかになり、ウイルスの進化、及び真核生物の起源が遺伝子からの情報だけではなく構造的な観点からも解き明かされていくと期待される。

論文: A. Chihara et al. A novel capsid protein network allows the characteristic internal membrane structure of *Marseilleviridae* giant viruses, *Scientific Reports* (2022), DOI:10.1038/s41598-022-24651-2
 参考: <https://www.excells.orion.ac.jp/news/6290>

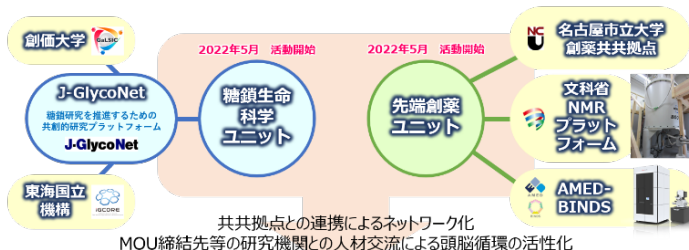
○光るクマムシの作出に成功

極限環境耐性生物であるクマムシに緑色蛍光タンパク質(GFP) などの外来遺伝子を発現させることに世界で初めて成功した。

クマムシのゲノム由来配列を用いた遺伝子発現ベクター「TardiVec」を新たに開発し、それらが遺伝子ごとに組織特異的な発現を示すこと、および、複数のクマムシ種において機能することを発見した。クマムシの細胞内におけるタンパク質の挙動が観察できるようになることで、クマムシのもつ乾眠という能力を可能にしているメカニズムの解明につながることを期待される。このようなメカニズムの解明が食品・生体などの完全な乾燥保存方法の確立に貢献し、また、生命体と水がどのような関係にあるのかをわれわれに教えてくれるだろうと期待している。本研究はExCELLSプロジェクト研究「物質-生命の境界探査」プロジェクトの一環として実施された。

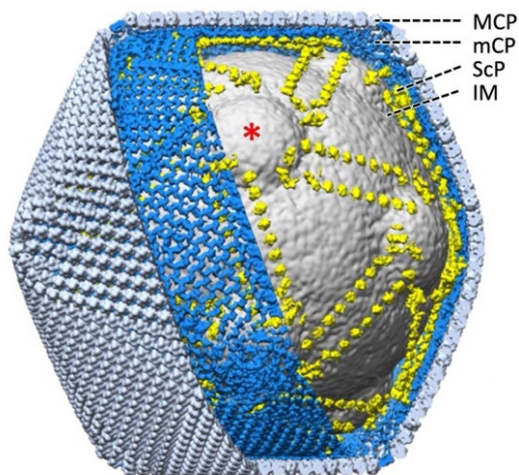
論文: S. Tanaka et al. In vivo expression vector derived from anhydrobiotic tardigrade genome enables live imaging in *Eutardigrada*, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* (2023), DOI:10.1073/pnas.2216739120
 参考: <https://www.excells.orion.ac.jp/news/6736>

生命創成探究センター 連携強化プラットフォーム

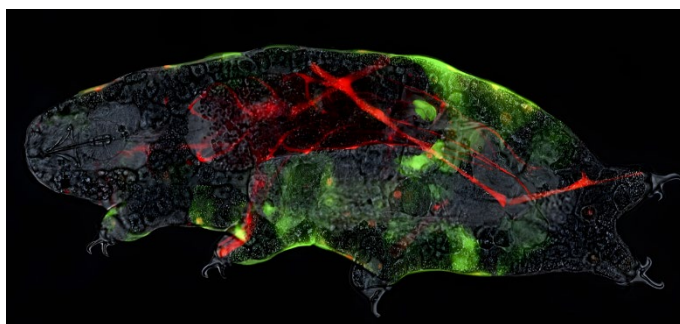


異分野融合研究の担い手となる人材育成
 多様なステークホルダーとの社会共創

連携強化プラットフォームの概要



トーキョーウイルスの粒子構造



TardiVec法によって光るクマムシ