

ナノ磁気渦形成の定説を覆す物質の開発に成功 –磁気フラストレーションを利用して創発電磁気応答を巨大化–

2019年8月5日

理化学研究所
物質・材料研究機構
高エネルギー加速器研究機構
東京大学

■概要

理化学研究所（理研）創発物性科学研究センター強相関物性研究グループの車地崇客員研究員（マサチューセッツ工科大学ポストドクトラルフェロー）、十倉好紀グループディレクター（東京大学大学院工学系研究科教授）、物質・材料研究機構の山崎裕一主任研究員、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の佐賀山基准教授らの共同研究グループは、これまでの定説を覆す微小な磁気渦（磁気スキルミオン、以下スキルミオン）を形成する新たな磁性材料の開発に成功しました。本研究成果は、次世代の情報記憶媒体への応用も期待されるスキルミオン材料の設計指針を大きく刷新し、高集積化・高検出感度化を可能にするスピントロニクスデバイスへの応用につながると期待できます。

従来のスキルミオン物質は、「空間反転対称性が破れている」という状態が実現している磁性体であることが不可欠でした。

今回、共同研究グループは、「磁気フラストレーション」に着目した探索を行い、 Gd_2PdSi_3 （Gd：ガドリウム，Pd：パラジウム，Si：ケイ素）の結晶構造には空間反転対称性がある一方で、磁性原子のGdは三角格子状に並んだ状態にあることに着目しました。そして、詳細な電気伝導特性の測定およびスピン構造の解析の結果、この物質中では、数ナノメートル（nm，1 nmは10億分の1メートル）サイズの磁気渦が存在しており、創発電磁気応答の一つである「トポロジカルホール効果」が従来のスキルミオン物質より1桁以上も大きく発現することを明らかにしました。

本研究は、米国の科学雑誌『Science』のオンライン版に掲載されます。この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20190805.pdf>をご覧ください。

超高速の分子振動の高精度観測に成功 – 原子レベルの時空間分解能で分子動画を作成 –

2019年8月9日

高輝度光科学研究センター
理化学研究所
高エネルギー加速器研究機構

■概要

高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室の片山哲夫研究員、理化学研究所チームライン研究開発グループの矢橋牧名グループディレクター、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の足立伸一教授、ヨーロッパ XFEL（ドイツ）のクリスチャン・プレスラーグループリーダー、ポール・シェラー研究所（スイス）のクリストファー・ミルネグループリーダー、ハンガリー科学アカデミー（ハンガリー）のジョージ・バンコ教授、ニューキャッスル大学（イングランド）のトーマス・ペンフォールド教授らによる共同研究グループは、X線自由電子レーザー（XFEL）施設 SACLA を使い、光を吸収した金属錯体分子の核波束振動を原子レベルの高い時間・空間分解能で追跡することに成功しました。

本研究成果は、「光反応中に分子がどのように動くのか」を観測して理解するための「分子動画」を実現したものであり、光反応の機構の解明に貢献することが期待されます。光増感剤として期待される銅(I)フェナントロリン錯体は光を吸収すると正四面体型から平面型へ構造が変化することが知られています。共同研究グループは、核波束振動がどのようにこの構造変化に関連しているのかをXFELによる時間分解X線吸収分光法を使って調べました。100兆分の1秒の時間幅と100億分の1メートルオーダーの波長を併せ持つXFELは、光反応中の銅(I)フェナントロリン錯体の構造を時間的にも空間的にもピンぼけすることなく鮮明に捉え、分子動画を作成することができます。その結果、光反応の進行中に3つのタイプの核波束振動があることを発見しました。1つは銅原子と窒素原子の結合長が足並みを揃えて伸縮する振動であり、残りの2つは、銅原子と窒素原子の結合の角度が変化する変角振動でした。これらの核波束振動の寿命の違いから、銅(I)フェナントロリン錯体の平面型への構造変化に強く関連しているのは2つの変角振動であることが分かりました。

今回の研究成果は、国際科学雑誌、「Nature Communications」のオンライン版に掲載されます。この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20190809.pdf>をご覧ください。

室温で磁場により電気が100倍流れ易くなる物質を発見

2019年9月18日

横浜市立大学

東京大学

高エネルギー加速器研究機構

■概要

横浜市立大学 大学院生命ナノシステム科学研究科 物質システム科学専攻の山田重樹准教授、東京大学 大学院新領域創成科学研究科 物質系専攻の有馬孝尚教授、阿部伸行助教、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の佐賀山基准教授らの研究グループは、室温でかつ比較的弱い磁場で巨大磁気抵抗が発現する物質を発見しました。

■研究成果のポイント

- 「室温で」磁場により電気の流れ易さが100倍以上変化する物質を発見した。
- この物質でみられた巨大磁気抵抗は、温度・磁場の条件、電気抵抗の変化の鋭さのすべてにおいて、従来の物質よりも実用性に優れているといえる。

■掲載論文

Room-temperature low-field colossal magnetoresistance in double-perovskite manganite, S. Yamada, N. Abe, H. Sagayama, K. Ogawa, T. Yamagami, and T. Arima, Physical Review Letters, DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.126602>

(この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20190918.pdf> をご覧下さい。)

「ストライプ照射」だと放射線の影響は軽減される ～放射線の当たり方が一様でない場合、従来の単純な予測は当てはまらない～

2019年9月30日

量子科学技術研究開発機構

Queen's University Belfast

横浜市立大学

高エネルギー加速器研究機構

■発表のポイント

- ・ マウス精巣に対してX線を微細なストライプ状に照射すると、均一に照射した場合では起こらない組織機能の回復が生じ、放射線影響が軽減されることを発見した。
- ・ そのメカニズムとして、X線が直接当たらなかった精子形成細胞が移動することによって、組織全体として

の機能がカバーされることをイメージング実験によって示した。

- ・ 本研究により、空間的に不均一に放射線が当たる場合には、「生体器官のダメージは線量に応じて増加する」という従来のモデルが当てはまらないことを実験的に証明した。

■概要

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(理事長平野俊夫。以下「量研」という)量子生命科学領域の神長輝一博士研究員、横谷明德量子細胞システム研究グループリーダー及び英国 Queen's University Belfast の福永久典博士課程大学院生(現:医療法人 沖縄徳洲会湘南鎌倉総合病院放射線科)、Kevin M. Prise 教授らは、公立大学法人横浜市立大学の小川毅彦教授、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の宇佐美徳子講師らとともに、放射光X線マイクロビーム技術とマウス精巣器官培養法を組み合わせ、空間的に不均一に放射線を当てた場合には組織機能の回復が生じ、放射線量から単純に予測されるよりも影響が軽減されること、さらにそのメカニズムとして放射線の直接当たらなかった細胞の移動が起きていることを実験的に証明しました。

従来、生体器官への放射線の影響は、放射線の量(線量)に応じてその度合いが大きくなるというモデルで説明されてきました。そこには「器官全体が一様に影響を受ける」という暗黙の前提がありますが、医療放射線も含め私たちが日常浴びる放射線は、地面に落ちた雨粒の跡と同様に、身体の中に当たる細胞と当たらない細胞が混在しているのが普通で、それほど単純ではないはずです。そこで本研究では、高度な量子ビーム制御技術により微細なストライプ状にしたX線を、細胞の生死や成熟の様子が蛍光観察できるようにしたマウス精巣に照射し、顕微鏡下でその影響を解析しました。その結果、X線が当たっていない微細な領域の細胞が移動し、組織全体の能力をカバーする現象が起きていることを発見しました。

この結果は、従来の「用量(線量)―反応モデル」の限界を示すもので、今後、より精緻な放射線影響の予測法の確立に貢献し、将来的には放射線治療における副作用の低減などにもつながることが期待されます。

この研究成果は、生物学・医療分野でインパクトの大きい論文が数多く発表されている英国の総合科学誌「Scientific Reports」2019年10月1日号に掲載されます。

この成果は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(B)(No.16KT0079)、一般財団法人丸文財団 交流研究助成事業、公益財団法人放射線影響協会 研究奨励助成金、Department of Health UK (Ref 091/0205) を受けて行われたものです。

この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20190930.pdf> をご覧下さい。

遺伝情報の読み取りを強化する tRNA のメチル化の仕組みを構造解析と生化学解析により解明 ～真核生物 Trm7-Trm734 複合 tRNA メチル化酵素の基質 tRNA 選択性とサブユニットの役割～

2019年10月31日

愛媛大学

高エネルギー加速器研究機構

■概要

愛媛大学と高エネルギー加速器研究機構の研究グループは共同で、真核生物 tRNA のアンチコドン一文字目のリボースをメチル化する Trm7-Trm734 複合体の構造解析を行ない、その構造をもとに、この複合体が特定の tRNA のみをメチル化する仕組みや各サブユニットの役割を、分子・原子レベルで解明することに成功しました。本研究の成果は、2019年10月5日に英国の Oxford University Press が発行する科学誌 Nucleic Acids Research 電子版に先行掲載されました。

■詳細

DNA 上にコードされた遺伝情報は、メッセンジャー RNA (mRNA) に写し取られ、タンパク質合成の際に、トランスファー RNA (tRNA) によって読み取られます。tRNA の遺伝暗号解読部位 (アンチコドン) 一文字目 (34位) のリボースのメチル化は、すべての生物に共通にみられる現象で、tRNA と mRNA の結合を強化し、タンパク質合成の途中でエラーが起こる頻度を低下させます。ヒトをはじめ真核生物では、Trm7-Trm734 タンパク質複合体がこのメチル化を担いますが、どうして、この複合体が特定の tRNA のみをメチル化するのか、Trm734 は tRNA の 34 位のリボースをメチル化する上でどのような役割を担っているのかなどが不明でした。

これらの問題を解決すべく、愛媛大学大学院理工学研究科 堀弘幸教授、平田章講師、大学院生の岡田圭祐さん、吉井一晃さん、学部生の白石裕之さんの研究グループは Trm7-Trm734 の X線結晶構造解析を行ない、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 清水伸隆教授、西条慎也特任助教 (研究当時)、米澤健人研究員と共同で X線小角散乱の測定を行いました。これらの構造情報をもとに生化学解析を行ない、(1) Trm7-Trm734 は Cm32, m1G37, ピリミジン 34 の 3 つの因子のうち最低 2 つの因子を持つ tRNA を優先的にメチル化すること、(2) Trm734 は 3 つの WD40 β プロパドメインからなり、ロスマンフォールド型 触媒ドメインを持つ Trm7 と前例がない結合様式で複合体を形成すること、(3) メチル化には、tRNA の D-arm 構造が必要なこと、(4) X線小角散乱の測定結果から、Trm7-Trm734 は水溶液中でもヘテロ二量体を形成していること、(5) Trm734 は tRNA を捉まえ、触媒サブユニット Trm7 と tRNA を接触させる役割があることなどを解明しました。

これら一連の研究成果により、長年、生化学・分子生物学分野で課題であった Trm7-Trm734 の基質 tRNA 特異性が分子・原子レベルで説明可能になり、Trm734 の役割も明らかとなりました。

ヒトでは、tRNA のアンチコドン一文字目のリボースのメチル化の欠損は X染色体リンク精神発達遅滞という遺伝形質を引き起こします。したがって、本研究で得られた研究成果は、ヒト遺伝形質の発現の理解、新たな遺伝子診断法や遺伝子治療法の開発にも新知見を与えるものです (この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20191031.pdf> をご覧ください)。