

マウス体内の金ナノ粒子の分布を可視化 治療薬を長期追跡して効果的ながん治療を実現へ

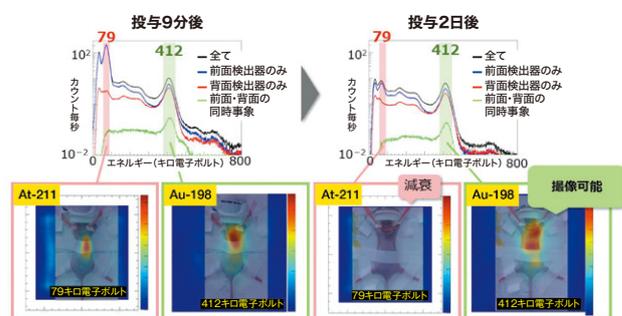
手術不要で副作用の少ないがんの治療法として、放射線の治療薬を投与して腫瘍にダメージを与える核医学治療が注目されています。中でも、アルファ崩壊する放射性元素である質量数211のアスタチン (At-211) は、国内のサイクロトロンでも容易に製造できることから治療薬として有望視され、臨床応用へ向けた研究が進んでいます。しかし、半減期が7.2時間と短く、崩壊直後に放出されるX線の強度が2日後には約100分の1になるため、数日間にわたる体内での分布や動態を追跡できませんでした。

早稲田大学大学院先進理工学研究科の越川七星大学院生と同大学理工学術院の片岡淳教授らの研究チームは、At-211を腫瘍に届ける薬剤キャリアである金ナノ粒子の体内分布を直接可視化する手法を考案し、この問題を解決しました。同チームは、金の放射性同位体である質量数198の金 (Au-198) を用いて粒径5ナノ (ナノは10億分の1)メートルの粒子を合成。半減期が2.7日の同粒子とAt-211を結合し、マウスに投与した直後 (9分後) と2日後に、At-211が放出するX線と金ナノ粒

子が放出するガンマ線とのエネルギースペクトルを測定し、併せて独自開発のカメラでそれぞれの2次元画像を撮影しました。

投与9分後には腫瘍に集積しているAt-211と金ナノ粒子からのX線とガンマ線のピークが確かめられました。2日後にはAt-211のX線は減衰しましたが、金ナノ粒子のガンマ線は引き続き撮像できることを確認でき、金ナノ粒子の長期的な追跡が可能であることがわかりました。今回の手法により、抗がん剤など従来は撮像できなかったさまざまな治療薬の体内での分布を調べられるようになり、効果的ながん治療の実現が期待されます。

(TEXT: 中條将典)



投与2日後にはAt-211からのX線 (79キロ電子ボルト) はほぼ減衰するが、Au-198からのガンマ線 (412キロ電子ボルト) は確認できる。

機能性流体活用し岩石の割れ目多方向に 新たな破砕法で地下資源開発のコスト低減など期待

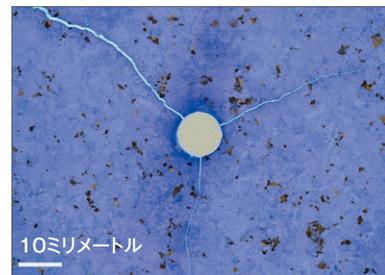
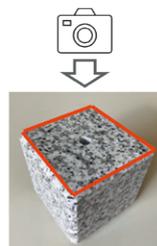
新しい資源として注目されているシェールガスの掘削や、地球温暖化対策の1つである二酸化炭素の地下貯留などでは、地下の流体を流れやすくすることが効率の良い手法につながります。地面に掘った縦穴を通して数キロメートルの地下に高圧の流体を流し込み、その圧力で岩石を破砕して人工的に割れ目を作る水圧破砕は、カギとなる技術です。しかし、従来の水圧破砕の手法では、割れ目の方向は地下の状態により一方向に決められ、それ以外の方向に作ることはできませんでした。

東北大学流体科学研究所の椋平祐輔准教授らの研究チームは、粘性が速度によって劇的に変化する「せん断増粘流体」と呼ばれる機能性流体を用いて、花こう岩から作った岩石試験片を破砕する実験を実施。試験片に空けた縦穴から多方向に割れ目を作ることに成功しました。せん断増粘流体は、微細な粒子が溶媒中に分散し、外からの力に対して集合体を作っており、それによる抵抗で粘性

が増します。地下の環境では、流速が速くなると一時的に固化します。同チームは、流体が固化する際に大きな圧力が生じ、多方向に割れ目ができたと考えています。

同チームが開発した手法によって、今までアクセスできなかった地下資源を回収できるようになるほか、地熱開発のように資源の貯留部が不均質に分布している状況でも貯留部に到達しやすくなり、掘削コストを下げられる可能性があります。さらに、近年ますます掘削深度が深くなっている鉱山開発での安全対策など、さまざまな分野への応用も待たれます。(TEXT:中條将典)

鉛直方向から撮影



水圧破砕した花こう岩の試験片から作成した薄片を紫外線照射して撮影した顕微鏡写真。3方向に美しく伸びた割れ目が明瞭に見える。

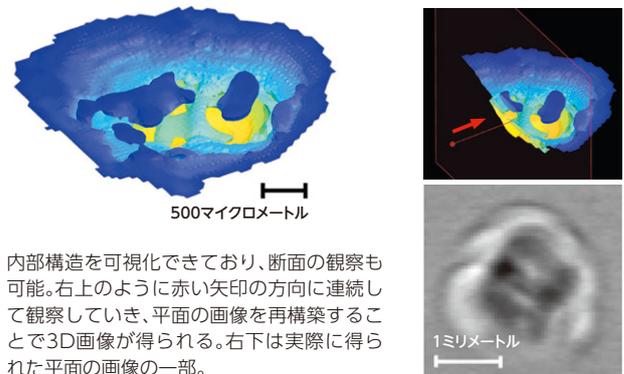
内耳蝸牛の小さな内部構造を非破壊で3D化 テラヘルツ波が反射し戻る時間で形状を観察し診断

難聴の多くは、耳の奥にある音をつかさどる器官である内耳蝸牛の障害が原因とされています。内耳蝸牛は頭蓋骨深部にあるため、光計測では骨を透過できず、X線撮影では被ばくのリスクがあり、内部の観察が困難です。可視光と電波の中間帯に位置するテラヘルツ波は、内部を被ばくさせずに観察できることから、安心安全な技術として注目されています。しかし、波長は約300マイクロ(マイクロは100万分の1)メートルであり、それより小さなマイクロメートルレベルの対象物は観測できませんでした。

早稲田大学大学院情報生産システム研究科の芹田和則准教授および神戸大学医学部の藤田岳准教授らの研究チームは、マウスを用いた実験により、テラヘルツ波を利用して内耳蝸牛を観察しました。研究チームは、非線形光学結晶にフェムト(フェムトは1000兆分の1)秒オーダーの短い時間だけ強いレーザー光を照射すると、テラヘルツ波が局所的に発生して点光源として扱えることに着目。点光源から発生したテラヘルツ波が、蝸牛内部で反

射して戻ってくるまでの時間を測定して距離や形状を調べる独自の手法と、機械学習を利用した画像解析法を開発しました。これらを適用することで、内耳蝸牛内部の3次元構造をマイクロメートルレベルで初めて可視化し、断面観察にも成功しました。

今回の成果により、難聴を含む耳の病気の詳しい診断が実現し、耳の障害を早期に発見できるようになる可能性があります。さらに、生体内でのさまざまな診断や、テラヘルツ波を利用した新しい内視鏡や耳鏡など医用デバイスの開発が進むことも期待されます。(TEXT:中條将典)



内部構造を可視化できており、断面の観察も可能。右上のように赤い矢印の方向に連続して観察していき、平面の画像を再構築することで3D画像が得られる。右下は実際に得られた平面の画像の一部。

光技術で磁石のとびとびの値を直接観測 電子に情報を保持する量子デバイスの開発に道

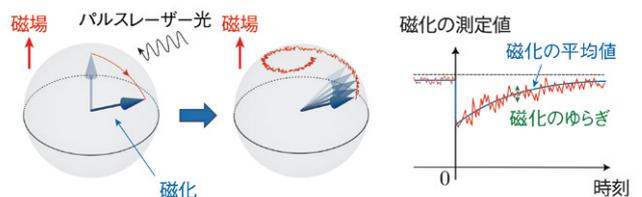
物理学の実験においてノイズは通常、精密な測定を妨げる邪魔者ですが、ノイズが重要な情報を担うことがあります。その典型例が、物理系の何らかの流れを担う粒子の数が統計的に変動することで生じる「ショットノイズ」です。

磁石は、電子が持つ小さな磁石に相当する電子スピンの同じ向きにそろうことで磁力を持ちますが、電子スピンは連続した値をとらず、磁石の向きと強さを表す物理量である磁化も非連続の値をとります。物理学では、連続しないとびとびの値をとることを量子化と呼びます。最近になって、磁石にマイクロ波を当てた際に流れる電流の変化を測定することで、磁化のショットノイズを観測する提案がされてきましたが、実験が困難でこれまで実現されていませんでした。

東京大学物性研究所の加藤岳生准教授らの研究チームは、近年の光計測技術の進歩により、磁化を効率良く高速で測定することに着目。磁化のショットノイズを光技術で測定する新手法を提案しました。同チームは、磁場の

中で安定した状態にある磁石にパルスレーザー光を当てて電子のスピンの向きを乱して元の状態に戻っていく時に、磁化の平均値周りの揺らぎとして観測されるショットノイズを理論的に定式化。このショットノイズを測定することによって、磁化の量子化の大きさを決定可能であることを示しました。

今回の成果により、1個1個の電子スピンの変化が磁化のショットノイズを通じて測定できるようになりました。磁石中の電子スピンを操作して情報を保持する量子デバイスの開発だけでなく、レーザー技術の有望な応用先としても重要です。(TEXT:中條将典)



磁石にパルスレーザー光を当てると、磁化は磁場の周りで回転しつつ、元の状態に戻っていく(左)。この時測定される磁化の平均値まわりの揺らぎの強度に磁化の量子化の情報が含まれる(右)。