

FBI
Science View

●理化学研究所 脳科学総合研究センター

光変換を起こすナノ粒子による新しい光遺伝学法の開発

神経回路・行動生理学研究チーム

チームリーダー トーマス・マックヒュー

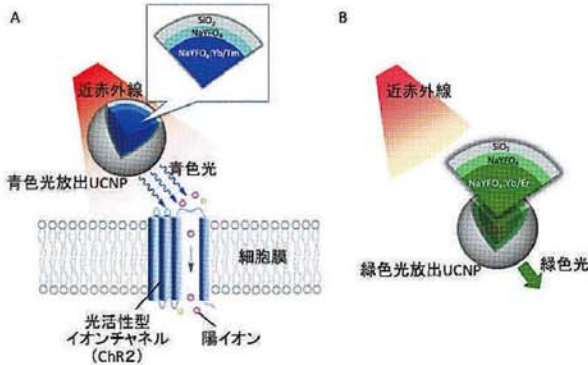


図 アップコンバージョンナノ粒子(UCNP)

- A) 青色光放出UCNP。外側のシリカSiO₂の層とNaYF₄の層が、細胞毒性やアップコンバージョンの効率を下げる溶媒による光変換の妨害を防ぐ働きをする。変換された青色光は神経細胞の細胞膜に発現している光活性化型チャンネルのチャンネルロドプシン2 (ChR2) を活性化する。活性化されたChR2は神経細胞内に陽イオンを透過させるため、細胞内外で電位差が生じ、神経細胞の活動を誘発することができる。
- B) 緑色光放出UCNP。基本構造は青色光放出UCNPと同じ。近赤外線を吸収し、神経細胞を不活性化させる陽イオンポンプ、アーキロドプシン3 (Arch) と組み合わせることで、非侵襲的に神経細胞の働きを抑えることができる。

近年の脳科学の目覚ましい発展の背景には、「光遺伝学」という技術の進歩がある。光遺伝学では、神経細胞の細胞膜上に光活性化型のイオンチャンネルなどを発現させ、青色光や緑色光を照射することで、その神経細胞の活動を活性化したり抑制したりする。しかし、その際に光ファイバーを脳に挿入するため、脳組織の損傷が避けられないという問題があった。

今回、理研を中心とした国際共同研究グループは、低エネルギーの光を高エネルギーの光に変換する「アップコンバージョンナノ粒子(UCNP)」に着目した。UCNPは近赤外線を吸収し、青色光や緑色光を放出する。近赤外線は生体透過性が高く、体の深部まで到達するのに加えて、生体への影響はほとんどない。まず、光活性化型イオンチャンネル(ChR2)をマウス脳のドーパミン神経細胞群に発現させ、同じ領域に青色光を放出するUCNPを注入した。その後、頭上から近赤外線を照射すると、脳深部で近赤外線はUCNPにより青色光に変換され、近くのドーパミン神経細胞内のChR2を活性化してドーパミンの放出を促進した。また、同手法でマウス海馬の神経細胞を活性化し、人為的に記憶を思い出させることに成功した。さらに、近赤外線を緑色光に変換するUCNPを作製し、光活性化イオンポンプと組み合わせ、脳深部の神経細胞の活動を抑制する方法も開発した。本成果は、精神疾患などの新しい有効な治療法につながると期待できる。



■プロフィール

カリフォルニア大学パークレー校卒、マサチューセッツ工科大学(MIT)博士課程終了、MIT研究員を経て、2009年より現職。脳の海馬を中心に記憶が貯蔵されるメカニズムの研究を進めている。

■コメント—今回開発した非侵襲的な光遺伝学により、脳科学がさらに発展することを期待している。

●理化学研究所 創発物性科学研究センター

創発現象観測技術研究チーム

上級研究員 原田 研

新しい二重スリット実験

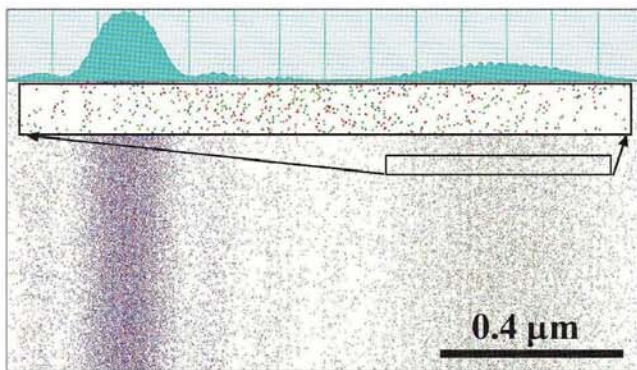


図 単電子像を分類した干渉パターン

干渉縞を形成した電子の個数分布を3通りに分類し描画した。青点は左側のスリットを通過した電子、緑点は右側のスリットを通過した電子、赤点は両方のスリットを通過した電子のそれぞれの像を示す。上段の挿入図は、強度プロファイル。上段2つ目の挿入図は、枠で囲んだ部分の拡大図。

19世紀初頭にヤングは「二重スリットの実験」を行い、光が波であることを証明し、20世紀の半ばにファインマンは、この実験を電子で行うと「波動/粒子の二重性」を示すと提唱した。その後、ハイゼンベルグの「不確定性原理」を検証する実験として、電子だけでなく、光子、原子、分子などの粒子を用いて繰り返し行われてきたが、波として検出すると、粒子の伝搬経路がたどれなくなってしまう。

今回、理研を中心とする共同研究グループは、原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡を用いて世界で最もコヒーレンス度の高い電子線(電子波)を作り、電子が波として十分にコヒーレントな状況で両方のスリットを同時通過できる条件を整えた。また、電子が左右どちらのスリットを通ったのか明確にするために、集束イオンビーム加工装置で作製した二重スリットについて、片側のスリットの一部を遮蔽することで幅が異なる二重スリットを形成した。さらに、左右のスリットの投影像が区別できるようにスリットと検出器との距離を短くした「プレ・フラウンホーファー条件」で干渉実験を行った。その結果、左右それぞれのスリットを通過した電子像と左右のスリットを同時に通過した電子像から、干渉縞の強度分布を電子の個数分布として①左側のスリットを通過した電子、②右側のスリットを通過した電子、③両方のスリットを同時に通過した電子の3つに分類して描画できた。



■プロフィール

1991年大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了、博士(工学)。日立製作所基礎研究所を経て、2015年10月より現職。電子線ホログラフィーとその応用研究を行っている。

■コメント—電子波の干渉を自由に操り、干渉とはいかなる現象かを知りたいと思っています。

理研の和光と播磨地区を4月に一般公開

理化学研究所は和光地区(埼玉県和光市)、播磨地区(兵庫県佐用郡)で、4月に研究施設や研究室を一般に公開する。科学技術や研究所の運営に関し、広く一般国民の関心と理解を深めてもらうのが狙い。一般公開日には、講演会、体験イベントなども開催する。

和光地区では、子どもも楽しめる体験イベント「フラーレンを作ろう」のほか、理系志望の女子中高生向け個別相談会なども予定。また播磨地区では世界最先端の大型放射光施設「SPring-8」とX線自由電子レーザー施設「SACLARA」を見学できる。入場無料。

〈和光地区〉

◇場所 埼玉県和光市広沢2-1

◇日時 4月21日(土)9:30~16:30(入場は16:00まで)

◇問い合わせ 和光地区一般公開事務局 ☎048・467・9443

〈播磨地区〉

◇場所 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1

◇日時 4月29日(日)9:30~16:30(入場は15:30まで)

◇問い合わせ 放射光科学総合研究センター ☎0791・58・0909