



PRESS RELEASE

令和 8 年 3 月 2 日
岡山大学
北海道大学

紙よりはるかに薄い結晶で、光のふるまいをデザイン — ナノメートル厚^{※1)}の結晶の「向き」と「ねじれ」による新しい光制御 —

◆発表のポイント

- ・円形ナノ構造^{※2)}でも、光の振動方向を変えることで光共鳴波長^{※3)}や強さを劇的に制御できることを解明しました。
- ・結晶薄片を角度をつけて積層した円形ナノ構造でも巨大な円二色性^{※4)}が発現することを確認しました。
- ・鏡に映すと重ならない形の分子^{※5)}を見分ける高感度センサーなどの光技術の進展に貢献することが期待されます。

岡山大学学術研究院先鋭研究領域（異分野基礎科学研究所）の三澤弘明教授（特任）と北海道大学電子科学研究所の Yaolong Li 博士研究員、松尾保孝教授および総合イノベーション創発機構の石旭准教授の研究グループ、および中国北京大学物理学科の Qihuang Gong 教授らの国際共同研究グループは、紙よりはるかに薄いナノメートル厚の 2 次元結晶^{※6)} MoOCl_2 （ジクロロオキシモリブデン（IV））^{※7)}を用い、結晶の「向き」と「ねじれ」を設計要素として光のふるまいを制御できることを示しました。

光をナノメートルの空間に集める^{※8)}技術は、これまで金や銀などの金属ナノ構造で実現されてきました。特に右回り、左回りの円偏光^{※9, 10)}に対する応答差を得るためには、それら金属を鏡に映すと重ならない形のナノ形状にすることが主に行われてきました。本研究では、金属の形に頼るのではなく、薄膜 MoOCl_2 結晶の「向き」が、入射光に対して大きく異なる性質^{※11)}（ある方向は金属的^{※12)}、その垂直方向は絶縁体的）を積極的に使って光を操るという新しい発想に基づき実施しました。

実際に、形が円形で空間的に等方的^{※13)}なナノ構造であっても、光の振動方向（直線偏光^{※14)}の向き）を変えることで共鳴波長や強さを劇的に制御できることを明らかにしました。さらに、 MoOCl_2 の結晶薄片を角度をつけて積層（ねじれ積層^{※15)}）すると、円形ナノ構造でも巨大な円二色性（CD：右回り／左回りの円偏光に対する応答の差）が発現することを確認しました。

これらの成果は、鏡に映すと重ならない形の分子を見分ける高感度センサーなど、新しい光技術の進展につながると期待されます。

なお、本研究成果は、2026 年 2 月 24 日に学術誌「*Nature Communications*」に Article in Press（査読・受理済み原稿の先行公開版）としてオンライン掲載されました。



PRESS RELEASE

◆研究者からのひとこと

岡山大学、北海道大学、中国北京大学の国際的な共同研究、特に最先端のナノ加工装置および計測装置、そして人的資源の絶妙な調整によって本研究成果が得られました。



三澤教授（特任）

■発表内容

<現状>

光をナノメートルの空間に集められれば、微弱な信号をとらえるセンサーや、光デバイスの小型化・高機能化が進みます。これまでその中心にあったのが、金や銀などの金属ナノ構造を用いる方法です。金属では、ナノ構造の形やサイズを工夫することで光を強く集められますが、設計の自由度は主に「形状」に依存し、材料そのものの性質を設計要素として使うことは容易ではありませんでした。

<研究成果の内容>

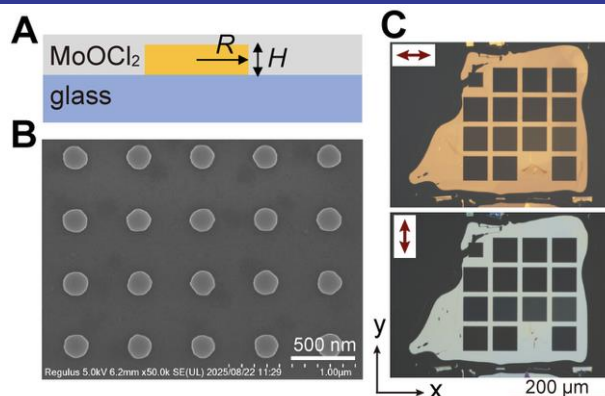
研究グループは、 MoOCl_2 薄片を用いた円形のナノ構造を作製し、光を当てたときの応答を調べました。まず、光の振動（直線偏光）の方向を変えながら、どの波長で強く共鳴するかを測定し、 MoOCl_2 薄片の「向き」が光応答に与える影響を評価しました。次に、 MoOCl_2 薄片を角度をつけて積層した試料（ねじれ積層）を作製し、右回り／左回りの円偏光に対する応答差を測定して円二色性（CD）を評価しました。加えて、ナノ構造近傍で光がどのように集まるかを調べる観測も行い、現象の特徴を多面的に確認しました。

本研究により、 MoOCl_2 の「向き」と「ねじれ」を用いて光のふるまいを設計できることが示されました。特に、従来は金属ナノ構造の“形”が主役だった光制御に対し、本研究では材料そのものの“向き”と積層の“ねじれ”が主役になっている点が大きな特徴です。主な成果は以下の通りです。

1. 円形ナノ構造でも、共鳴波長と強さを劇的に制御できることを解明。

形状が円形で方向性を持たないナノ構造でも、光の振動方向を変えることで光の共鳴の波長や強さが大きく変化することを明らかにしました。これは、形状ではなく材料の「向き」が光応答を決めることを示します。

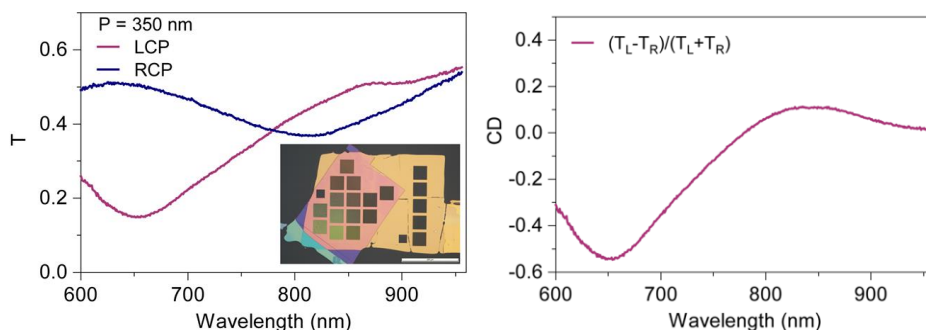
PRESS RELEASE



右図 A: シリカガラス基板上的 MoOCl_2 のナノ構造の模式図、B: 代表的な MoOCl_2 の円形ナノ構造の電子顕微鏡写真（半径：87 ナノメートル（nm）、高さ：50 nm、構造間距離：500 nm）、C: 反射顕微鏡で測定した構造全体の光学イメージ。上図は MoOCl_2 の金属的性質を持つ方向の直線偏光を照射、下図は絶縁体的性質を持つ方向の直線偏光を照射。

2. ねじれ積層した円形ナノ構造でも、巨大な円二色性（CD）が発現することを確認。

MoOCl_2 薄片を角度をつけて積層すると、右回り／左回りの円偏光に対する応答差が大きくなり、円形ナノ構造でも巨大な CD が発現することを確認しました。



左図は厚さ 100 nm の MoOCl_2 の結晶薄片を 55 度の角度をつけて積層した後、構造間隔 350 nm で円形ナノ構造を作製した。その構造体に左円偏光（LCP）、および右円偏光（RCP）を照射したときのそれぞれの透過（ T_L と T_R ）スペクトル。右図は、左図のそれぞれのスペクトルから各波長の T_L と T_R を求め、その値を式 $CD = (T_L - T_R) / (T_L + T_R)$ に代入して求めた CD スペクトル。CD 値は波長 650 nm 付近で最大となり $CD = 0.54$ となる。

3. “向き”と“ねじれ”を設計要素とする、新しい光制御の道筋を提示。

材料の向きと、積層のねじれ角を用いて光応答をデザインできることを示し、金属中心の従来手法とは異なるアプローチを提案しました。

<社会的な意義>

本成果は、光の振動方向や円偏光に対する応答を、材料の「向き」と「ねじれ」を使って自在に設計できる可能性を示すものであり、偏光制御素子^{※16)}の小型化・高機能化に貢献すると期待されます。特に、ねじれ積層で巨大な円二色性が得られることは、鏡に映すと重ならない形の分子を見



PRESS RELEASE

分ける高感度センサーへの応用に直結します。

今後、材料の選択枝や積層設計の幅を広げることで、オンチップ光デバイス※¹⁷⁾ や量子ナノフォトリクス※¹⁸⁾ への展開に加え、製薬に重要な右手系・左手系分子（鏡像異性体）※¹⁹⁾ を見分ける超高感度センサーなど、新しい光機能を備えたデバイスの実装につながることを期待されます。

■論文情報

論文名：Hyperbolic localized plasmons and twist-induced chirality in an anisotropic 2D material

掲載誌：Nature Communications

著者：Yaolong Li, Xu Shi, Yuxin Zhang, Yen-En Liu, Hong Yang, Guowei Lyu, Yasutaka Matsuo, Xiaoyong Hu, Qihuang Gong, Hiroaki Misawa

DOI：10.1038/s41467-026-69435-8

URL：https://www.nature.com/articles/s41467-026-69435-8

■研究資金

本研究は、以下の助成を受けて推進されました。

科学研究費補助金：Grant Nos. JP23H05464, JP23K04902;

JSPS Program for Forming Japan's Peak Research Universities (J-PEAKS) Grant No. JPJS00420230010;

Advanced Research Infrastructure for Materials and Nanotechnology in Japan (ARIM) of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) (Grant Nos. JPMXP1224HK0165, JPMXP1225HK0063).

■補足・用語説明

※1) ナノメートル (nm)

1nm は 10 億分の 1 メートル。髪の毛の太さ（数万～十万 nm）よりはるかに小さく、このスケールでは光や物質のふるまいが大きく変わることがあります。

※2) ナノ構造（ナノアンテナ）

光（電磁波）をナノメートル領域に集めたり、特定の波長で強く反応させたりする微小構造。光の「集まり方」や「偏光への応答」を設計できます。

※3) 共鳴（共鳴波長）

特定の波長の光に対して構造が特に強く反応し、光が強く集中したり、吸収・散乱が増えたりする現象。特に強く反応する波長を共鳴波長と呼びます。

※4) 円二色性（CD：Circular Dichroism）

右円偏光と左円偏光に対する吸収（または応答）の差。差が大きいほど、右回り／左回りを見分ける能力が高いことを意味します。



PRESS RELEASE

※5) 鏡に映すと重ならない性質（キラリティ）

右手と左手のように、鏡像にしても重ならない性質。キラルな分子や構造は、右円偏光と左円偏光への応答が異なることがあります。

※6) 2次元結晶（2D材料）

原子数層～数十層程度の非常に薄い結晶材料。厚さ方向が極端に薄いことで、電気・光学特性が結晶の「向き」に強く依存するものがあります。

※7) MoOCl_2 （ジクロロオキソモリブデン(IV)）

モリブデン・酸素・塩素からなる結晶材料。本研究では、結晶の向きによって光学応答が大きく変わる特徴を利用しました。

※8) ナノ空間に光を集める（局在／近接場）

構造のごく近く（ナノメートル範囲）に光が強く集中する現象。局所的に非常に強い電場が生じ、センシングなどに有利です。

※9) 偏光

光の電場の振動の向き（振動状態）のこと。偏光が異なると、同じ材料でも光への応答が変わる場合があります。

※10) 円偏光（右回り／左回り）

光の電場が進行方向に対して“らせん状”に回転しながら進む光。回転方向の違いにより右回り（右円偏光）と左回り（左円偏光）があります。

※11) 異方性

性質が「向き」によって大きく変わること。たとえば同じ材料でも、ある方向には金属のように振る舞い、直交方向には絶縁体のように振る舞う、といった特徴です。

※12) 金属的／絶縁体的

金属的とは電気が流れやすく、光に対して電子が集団的に応答しやすい性質。絶縁体的とは電気が流れにくく、光への応答が金属とは異なる性質を指します。

※13) （空間的に）等方的

形として方向性がないこと（例：円形）。通常は偏光方向で応答が変わりにくい形状ですが、本研究では材料の異方性により円形でも応答が大きく変わる点が特徴です。



PRESS RELEASE

※14) 直線偏光

光の電場が一定方向に振動しながら進む光。振動方向（偏光方向）を回すことで、材料や構造がどの向きの光に強く応答するかを調べられます。

※15) ねじれ積層（ツイスト積層）

薄い結晶片を互いに少し角度をつけて重ねること。ねじれ角によって電子や光の性質が変化し、新しい機能が現れる場合があります。

※16) 偏光制御素子

光の偏光（直線偏光・円偏光、向き、回転方向など）を作り分けたり切り替えたりする部品。通信、計測、センシング、量子光学などで重要です。

※17) オンチップ光デバイス

光の回路や素子を小さなチップ上に集積したデバイス。小型・省電力・高速化が期待されます。

※18) 量子ナノフォトンクス

ナノスケールでの光と物質の相互作用を、量子的な効果（単一光子や量子状態など）も含めて扱う研究分野。次世代の情報・センシング技術につながります。

※19) 右手系・左手系分子（鏡像異性体、エナンチオマー）

同じ原子の組み合わせでも、立体配置が鏡像関係にある2種類の分子。医薬品では効き目や副作用が異なる場合があるため、識別や分離が重要です。

<お問い合わせ>

岡山大学 学術研究院先鋭研究領域（異分野基礎）

教授（特任） 三澤弘明

（電話番号）086-251-7874

（メール）misawa-h@okayama-u.ac.jp

北海道大学 社会共創部 広報課

（電話番号）011-706-2610

（メール）jp-press@general.hokudai.ac.jp



岡山大学
OKAYAMA UNIVERSITY



岡山大学は持続可能な開発目標（SDGs）を支援しています。

