



平成 29 年 12 月 20 日

報道機関 各位

東北大学電気通信研究所

### ナノ光ファイバーの偏光におけるカイラリティを解明 光ファイバーでつながる量子ネットワーク技術

#### 【発表のポイント】

- 非常に細い光ファイバー(ナノ光ファイバー)における偏光と光の方向性との関係(カイラリティ)を詳細に計測することに成功した。
- この特性を用いると、ナノ光ファイバーにおける光子の方向性を制御することができ、将来の量子ネットワーク技術への応用が期待される。

#### 【概要】

東北大学電気通信研究所のマーク・サッドグローブ准教授、菅原大和大学院生、三森康義准教授、枝松圭一教授らの研究グループは、ナノ光ファイバーと呼ばれる非常に細い光ファイバーにおける光の進行方向と偏光とが結合したカイラリティの性質を明らかにすることに成功しました。このようなカイラリティをもつ光ファイバーは、将来の量子光通信ネットワークにおいて重要な働きをするものと期待されます。

カイラリティ(キラリティとも呼ばれる)とは自然界においてごく普通に見られる特性で、例えば私たちの右手と左手などのように、自身とその鏡像とが同一物とはならない形態のことです。このような身近な例ばかりではなく、分子、光、素粒子など、自然界のあらゆるスケールにおいてこのようなカイラリティの例を見つけることができます。

近年、ナノ光ファイバーと呼ばれる非常に細い光ファイバーが開発され、その中を伝搬する光においては、カイラリティが重要な役割をもつことが指摘されています。特に、ナノ光ファイバーの近傍で発生した光が右回りあるいは左回りのどちらの偏光をもつかによって、光ファイバーのどちら側へ伝搬していくかが決定される現象が発見され、たいへん注目されています。ナノ光ファイバーの持つこのような性質を用いると、送信者から受信者へ向けて送信方向を確定した単一の光子を送ることができるため、将来の量子光ネットワークにお

いて重要になると考えられています。

今回、東北大学の研究グループは、ヒトの毛髪よりも 200 倍程度細いナノ光ファイバーを作製してその表面に金のナノ粒子を付着し、金ナノ粒子を「光アンテナ」として用いて、外部のレーザー光をナノ光ファイバーに導入しました。このような細いナノ光ファイバーにおいては、自由空間の光とは異なる特殊な偏光の伝搬状態が存在し、それによるカイラリティが実現されます。実験では、入力するレーザー光の偏光状態を様々に変化させ、ナノ光ファイバーに導入された光がファイバーのどちら側へ伝搬していくかを精密に測定しました。そして、任意の偏光状態に対する伝搬の方向性、すなわちカイラリティの完全なマッピングに初めて成功しました。

サッドグローブ准教授は「ナノ光ファイバーにおけるカイラリティは数年前に発見されましたが、我々はその特性を完全に明らかにしたかったのです。ナノ光ファイバーは、将来の量子光通信ネットワークにおいて重要な働きをするものと期待されます。だからこそ、その特性を（例えば電気回路の部品の特性のように）完全に明らかにすることはとても重要なことなのです。」と話しています。

この成果は、英国オンライン科学誌 **Scientific Reports** 誌に 12 月 6 日（英国時間）に掲載されました。

**【問い合わせ先】**

東北大学電気通信研究所  
枝松圭一 教授

Mark Sadgrove 准教授

電話 022-217-5070

E-mail [eda@riec.tohoku.ac.jp](mailto:eda@riec.tohoku.ac.jp)

## 【研究の背景】

次世代の情報通信技術として、原子や電子のような「量子」の性質を積極的に用いた「量子情報通信技術」が世界的に注目されています。光の量子である「光子」を用いた量子情報通信技術の研究分野において、近年、ナノメートルスケールの構造によって発現するカイラリティを用いた光インターフェースの研究・開発が盛んになりつつあります。この場合のカイラリティとは、光の波としての振動方向（偏光）と光の伝搬方向に自発的な相関があるという性質で、光を微小スケールに閉じ込めた際に特に顕著になることが知られています。

光を用いた量子通信では種々の状況で「単一光子」が必要とされ、これまでも多くの方式の単一光子源が開発されてきました。ナノ光ファイバーを用いると、ナノ光ファイバー表面近傍の単一光子源から発生した光子を高い効率でナノ光ファイバー内へ導入することが可能です。しかし、このようにして導入された光子はファイバーの 2 方向伝搬方向のうちのどちらか片方に確率的に伝搬するというランダム性があり、特定の方向に光子を送信したい場合には 50%の確率でしか光子が伝わらないという欠点がありました。しかし、カイラリティを用いると光子の偏光によって特定の方向へ原理上 100%の確率で光子を送信することができます。このように、カイラリティを用いた単一光子源は量子通信や量子ネットワークの実現に重要な役割を果たすデバイスとして期待されています。

## 【研究の成果】

ナノ光ファイバーのカイラリティは 2014 年に発見されていましたが、その詳細な特性はこれまで解明されていませんでした。今回、本研究グループは、ナノ光ファイバーのカイラリティをあらゆる偏光状態に対して測定し、その性質を完全に理解する方法を確立しました。実験では、330–700 ナノメートルの（髪の毛の太さの平均は 80 マイクロメートル程度なので、約 200 倍細い）ナノ光ファイバーの表面に直径約 150 ナノメートルの金の球（金ナノ球）を付着させ、これを「光アンテナ」として用いました。そして、この光アンテナに偏光状態を操作することのできるレーザー光を照射し、光アンテナを通じてナノ光ファイバーの中に入った光の強度を、ファイバーの左右の出口で測定しました。さらに、図 1 の左右の球で示すように、各々の出口での光強度を入力光の偏光状態に対してマッピングすることによって、入力光の偏光とファイバー中での光の進行方向との相関を可視化して計測しました。その結果、偏光に対する応答が左右の出口で明確に異なり、偏光状態を表す球面上において互いに逆向きの傾きをもつ分布となることを、実験および理論の両面から明らかにすることに成功しました。

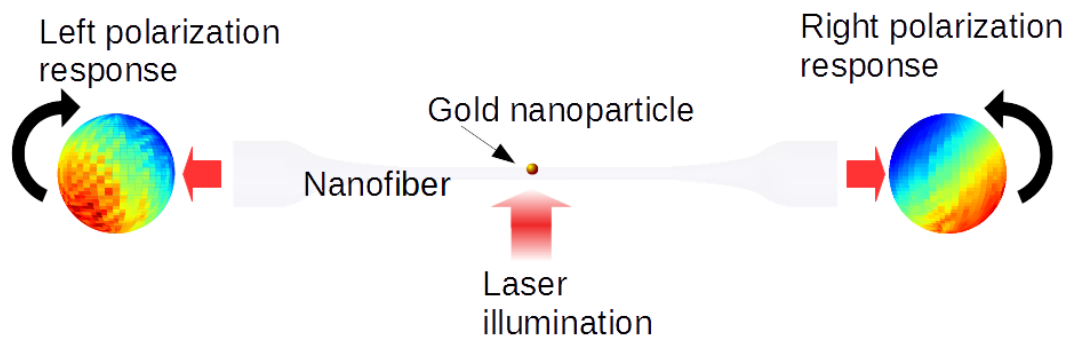


図 1. 両側の球における緯度経度が入力光の偏光状態を表し、ある偏光の光がナノ光ファイバーの一方の出口に出力される強度を各々の球の表面上の色の変化で表す。その分布が左右の出口で明確に異なり、互いに逆向きの傾きをもっていることから、偏光によって伝搬しやすい方向が異なることがわかる。

#### 【今後の展開】

今回の成果は、ナノ光ファイバーのカイラリティの特性を詳細に理解するとともに、その程度を定量的に評価可能な新たな手法を開発したものであり、今後の量子光学、量子情報通信の研究において有用な手法になるものと考えられます。また、今回は量子的な光ではない通常のレーザー光を用いて実験を行いました。今後は半導体量子ドットなどの単一光子源と光アンテナを組み合わせ、単一光子の伝搬の方向性を制御する実験等を行いたいと考えています。

#### 【研究助成資金等】

- 日本学術振興会 科学研究費補助金 (新学術領域、課題番号:JP17H05460、研究代表者:Mark Sadgrove)

#### 【掲載論文】

“Polarization response and scaling law of chirality for a nanofibre optical interface”

(ナノ光ファイバーを用いた光インターフェースのカイラリティの偏光応答とスケールリング則)

Mark Sadgrove Masakazu Sugawara, Yasuyoshi Mitsumori and Keiichi Edamatsu

Scientific Reports (Nature Publishing Group) 7, 17085;

doi:10.1038/s41598-017-17133-3

(2017)

オープンアクセス web ページ:

<https://www.nature.com/articles/s41598-017-17133-3>