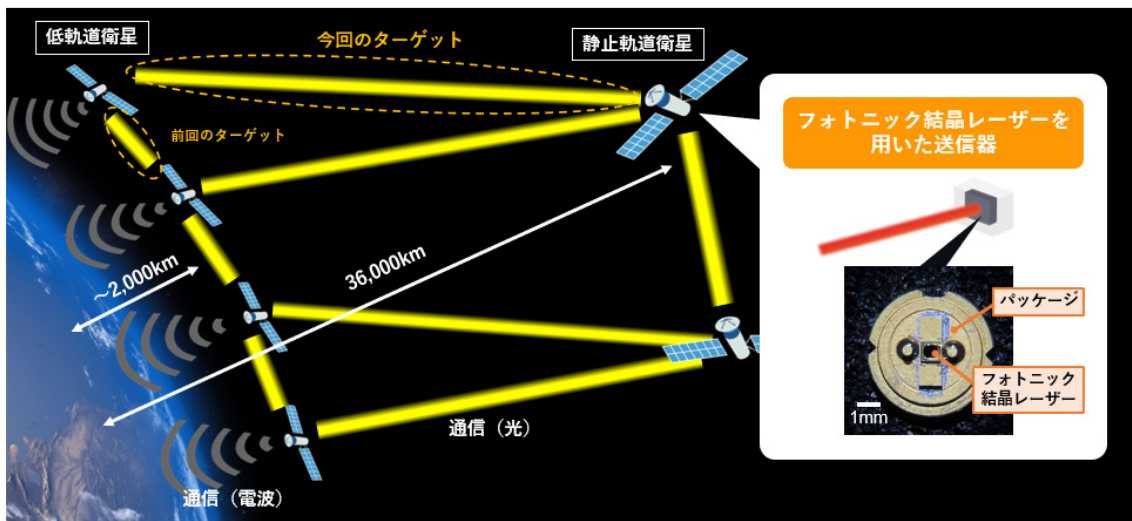


世界初、「フォトニック結晶レーザー」で 低軌道-静止軌道衛星間向け光通信方式の実証に成功 ～6G 時代における宇宙空間の安定で大容量な通信の実現に貢献～

KDDI 株式会社（本社：東京都千代田区、代表取締役社長 CEO：高橋 誠、以下、「KDDI」）、株式会社 KDDI 総合研究所（本社：埼玉県ふじみ野市、代表取締役所長：中村 元、以下、「KDDI 総合研究所」）と国立大学法人京都大学大学院工学研究科の野田進 教授、森田遼平 同特定研究員、井上卓也 同助教らの研究グループ（以下、「京都大学」）は、光を緻密制御するフォトニック結晶レーザー(注1)を用いた超高感度な自由空間光通信方式(注2)の実証に成功しました（以下、本成果）。フォトニック結晶レーザーの周波数変調(注3)と弱い光でも多くのデータ受信を可能とするコヒーレント受信方式(注4)を組み合わせることで、送信器から発射された光が受信側で1億分の1に減衰していても、光ファイバ増幅器を用いることなく通信が可能となります。これにより、宇宙空間における低軌道衛星(注5)-静止軌道衛星(注6)間（約3万6,000km）に相当する距離で通信ができるようになります(注7)。



<低軌道衛星-静止軌道衛星間における光通信のイメージ>

本成果は、小型かつ低消費電力な、宇宙空間での光通信の長距離化に寄与するものです。6G 時代には、移動体通信の適用範囲はさらに拡大し、地球上のみならず宇宙空間にまで広げることが期待されています。今後、さらなる研究開発を進め、6G 時代に向けたフォトニッ

ク結晶レーザーを用いた宇宙通信の安定で大容量な通信の実現に貢献していきます。

なお、本成果は光通信分野では世界最大規模である国際学術会議 ECOC2023（The European Conference on Optical Communication）（2023年10月1日～5日開催）において、最新の成果が厳選されるポストデッドライン論文(注8)として発表されました。

【背景】

KDDI と KDDI 総合研究所、京都大学はこれまで、フォトニック結晶レーザーを用いた自由空間光通信の研究開発を行ってきました（注9）。フォトニック結晶レーザーは光ファイバ増幅器などの大型装置を使わずに、単一の半導体デバイスだけで光ファイバ増幅器などを用いた場合と同等以上の送信パワーが実現できるため、通信システムの大幅な小型化や低消費電力化が期待されています。

フォトニック結晶レーザーを用いた自由空間光通信は、その小型・低消費電力の特長から宇宙空間での利用が想定されます。さらに衛星間通信での活用に向けては、3万6,000kmを超える長距離をカバーする必要があります。これまでの実証（注9）では強度変調・直接検波方式(注10)を用いていましたが、長距離宇宙空間を見据えると、受信感度がより高い通信方式を適用することで通信距離を延伸する技術が求められていました。

【今回の成果】

このたび3者はフォトニック結晶レーザーの周波数変調とコヒーレント受信方式を組み合わせることで、出力光の強度が1億分の1に減衰しても通信可能な、新たな自由空間光通信方式の実証に成功しました。通常、半導体レーザーに直接電流を注入すると、その電流に応じて半導体レーザーからの出力光の強度が変調されます。また、この過程において、出力光の強度のみならず周波数も同時に変調されることが知られています。今回この現象を積極的に活用し、送信側ではフォトニック結晶レーザーを従来の強度変調よりも効率的で大出力な「周波数変調器」として動作させることで、さらに受信側では、フォトニック結晶レーザーの狭線幅性(注11)を生かしたコヒーレント受信方式を取り入れることで、極めて弱い光信号でも受信できる、超高感度な自由空間光通信方式を考案しました。

実験では0.5GbaudのNRZ(注12)電気信号によって、フォトニック結晶レーザーを直接駆動し、高出力光周波数変調信号を生成しました。そしてこの光信号を1億分の1に減衰させ、コヒーレント受信後に復調を行っても、もとのNRZ信号が復元できることを確認しました。

【今後】

フォトニック結晶レーザーを用いた、さらなる長距離かつ大容量な自由空間光通信を実現し、6G時代における宇宙空間での通信を支える光伝送技術の研究開発を推進していきます。

■ KDDI 総合研究所の取り組み

KDDI 総合研究所は、2030 年代を見据え、高速大容量・低消費電力なオールフォトニックネットワークとデジタルツインを注力領域として 7 つのテクノロジーとそれらを密接に連携するオーケストレーション技術の研究開発を推進しています。今回の成果は 7 つのテクノロジーの中の「ネットワーク」に該当します。

KDDI Accelerate 5.0 | 株式会社 KDDI 総合研究所 (https://www.kddi-research.jp/kddi_accelerate5_0/)

Beyond 5G/6G ホワイトペーパー | 株式会社 KDDI 総合研究所 (https://www.kddi-research.jp/tech/whitepaper_b5g_6g/)

■ 京都大学の取り組み

京都大学のフォトニック結晶レーザー開発拠点では、スマートモビリティ・スマート加工・光通信等の多岐に亘る分野において、フォトニック結晶レーザーの社会実装を進め、将来の超スマート社会の実現に貢献していきます。

(注 1) フォトニック結晶レーザー

フォトニック結晶と呼ばれる人工的な光ナノ構造を 2 次元状に配置した、2 次元フォトニック結晶を有する半導体レーザー。通常の半導体レーザーと比較して、大面積で単一モード発振するため、高出力で狭い拡がり角のビームが得られる。

(注 2) 自由空間光通信方式

空気・宇宙空間などの自由空間を伝搬する光を利用して、通信のためのデータを無線送信する光通信方式。

(注 3) 周波数変調

伝達したい情報に応じて、光の周波数を高くしたり低くしたりする変調方式。

(注 4) コヒーレント受信方式

受信側において、送られてきた光信号に十分に強い光パワーを有する局部発振光を混合することで、強度変調-直接検波技術と比べて受信感度を高められる方式。この混合により、送信信号と局部発振光との位相差が抽出されるため、光信号の位相や周波数など、強度以外のさまざまなパラメータから情報を取り出すことができ、伝送可能な情報量を増やせる。

(注 5) 低軌道衛星

地上から高度 2,000km までの軌道上に存在する衛星。常に軌道上を周回している。

(注 6) 静止軌道衛星

地上から高度 3 万 6,000km の軌道上に存在する衛星。低軌道衛星と異なり、自転と同じ速

度で軌道上を周回している。

(注 7)

波長 940nm において、送信側のビームの直径及び受信側の開口の直径を 64mm と仮定した場合の伝送可能距離。

(注 8) ポストデッドライン論文

一般論文投稿締め切り後（ポストデッドライン）に受け付けられる論文。会議期間中に論文選考が行われ、高い評価を受けた研究成果のみ報告の機会を得ることができる。

(注 9) 2022 年 9 月 22 日 KDDI 総合研究所 ニュースリリース

<https://www.kddi-research.jp/newsrelease/2022/092201.html>

世界初、フォトニック結晶レーザーを用いた高出力自由空間光通信の実証に成功
～Beyond 5G/6G 時代における宇宙空間での通信利用を目指して～

(注 10) 強度変調・直接検波方式

光の強度情報のみを用いて情報伝達を行う方式。

(注 11) 狭線幅性

レーザーからの出力光が、どの程度理想的な単一周波数の正弦波に近いかを表す指標。この値が小さいほど、より理想的な単一周波数の正弦波に近いことを表す。

(注 12) NRZ 信号

Non-return-to-zero の略で、ビットの 1 と 0 を 2 つの状態で表現し、各ビット間で 0 状態に復帰しない信号。