プレスリリース
2026 年 11 月 17 日
国立研究開発法人情報通信研究機構

世界初、レンズ不要の深紫外マイクロ LED による Gbps 級光無線通信に成功

～従来構造比約 4.5 倍の 2.1 Gbps 高速通信を実現し、通信システムの低コスト化への道を拓く～

【ポイント】

- 世界で初めて、外付けレンズなどの光学部品を必要としない“オプティクスフリー深紫外マイクロ LED”による Gbps 級光無線通信に成功
- 独自のナノ光構造技術を用いた光の配光角制御により、S/N 比を 10 dB から 35 dB に大幅に向上させ、従来構造比約 4.5 倍となる 2.1 Gbps の高速データ伝送を実現
- 外付け光学部品を不要とすることで、低ノイズ・高速かつ低コストな次世代深紫外光無線通信システム実現への道を拓く

国立研究開発法人情報通信研究機構（ＮＩＣＴ、理事長: 大野 英男）未来 ICT 研究所の井上 振一郎 室長らの研究グループは、外付けレンズなどの光学部品を必要としない“オプティクスフリー深紫外マイクロ LED[*1]”を用いて、世界で初めて Gbps 級の高速光無線通信に成功しました。

高速通信に適した深紫外マイクロ LED[*2] は、発光面積が小さく、光出力が限られることに加え、光が広い角度に放射されるため、高速データ伝送に必要な高い信号対雑音比（S/N 比）[*3] を得ることが困難でした。本研究では、独自のナノ光構造技術[*4] により、外付けレンズなどの光学部品を用いずに光の配光角[*5] を制御することで、光取出し効率[*6] を向上させるとともに、受信側に届く信号光の S/N 比を 10 dB から 35 dB へ大幅に向上させることに成功しました。その結果、データ伝送速度は、従来構造比で約 4.5 倍の高速化を実現し、最大 2.1Gbps を達成しました。

本成果は、深紫外光無線通信の高速化を実現しただけでなく、高純度合成石英レンズなどの高額な外付け光学部品を不要とすることで通信システムの低コスト化への道を拓くもので、屋外環境で低ノイズな高速光無線通信や車車間通信、深紫外光の特性を生かした見通し外高速光無線通信などへの実用展開が期待されます。

なお、本成果は、Optica（米国光学会）発行の学術論文誌「*Optics Express*」（電子版: 米国東部時間 2026 年 11 月 16 日）に掲載されました。

【背景】

NICT の当研究グループは、これまで、深紫外 LED の研究開発とその光無線通信応用に向けた取組みを積極的に推進してきました。特に、波長 280 nm 以下の深紫外光は、太陽光がオゾン層によって吸収され地表には到達しない「ソーラーブラインド」領域にあることから、太陽光による背景ノイズの影響を回避することが可能であり、屋外における低ノイズな高速光無線通信への応用が期待されています。当研究グループではこれまでに、世界最高出力の深紫外 LED を開発し、そのような高強度深紫外 LED を活用することで、日中・屋外かつ“見通し外”環境下での光無線通信実証に世界初で成功するなど、本分野をリードする成果を発表してきました（2023 年 6 月 1 日報道発表参照）。

一方、深紫外光無線通信の更なる高速化には、送信光源となる深紫外 LED の高速動作化が必要となります。LED の発光領域を微小化した深紫外マイクロ LED は、高速変調

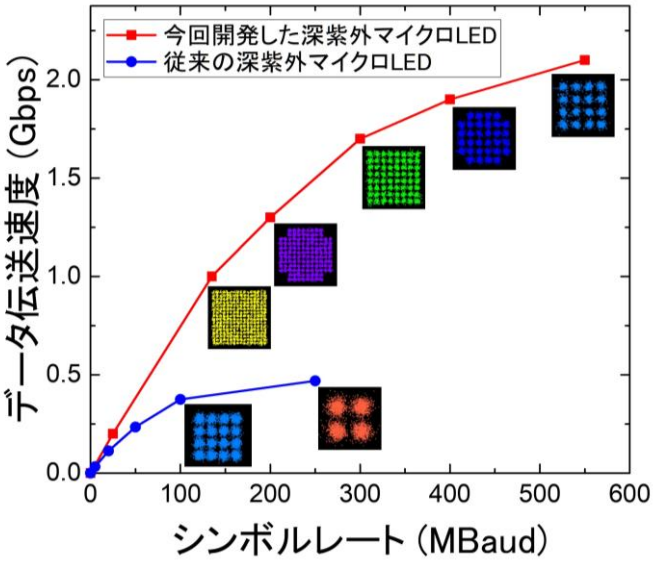


図 1 今回開発したオプティクスフリー深紫外マイクロ LED の光無線通信速度の測定結果

が可能であることから、高速光無線通信の送信光源として期待されています。しかし、マイクロ LED は発光面積が小さいため、光出力が限られ、さらに、LED からの出射光が広い角度に放射されるため、受信側に届く信号光が極めて微弱なレベルとなってしまいます。このため、高速データ伝送に必要となる十分な S/N 比を確保することが大きな課題となっていました。

一般に、受信側に到達する信号光強度を高めるためには、LED 送信側にレンズなどの外付け光学部品を配置し、LED から放射される信号光の広がりを抑えたり、集光したりする外部光学制御を行う必要がありました。しかし、深紫外波長領域では、一般的な光学ガラスでは深紫外光を強く吸収するため、深紫外域で透明性の高い高純度の合成石英（クオーツ）レンズなどを用いる必要があり、システム全体の高コスト化につながる課題がありました。また、広い角度に放射される LED 光を外付けレンズですべて集光することには限界があり、その光利用効率にも問題がありました。

このため、深紫外光無線通信の高速化とその実用化・社会普及に向けては、高額な外付けレンズなどの光学部品を用いることなく、深紫外マイクロ LED から出射される信号光を、高い S/N 比で受信側に届ける新たな技術の開発が求められていました。

【今回の成果】

今回、当研究グループは、独自のナノ光構造技術により、外付けレンズなどの光学部品を必要としない“オプティクスフリー深紫外マイクロ LED”を用いた Gbps 級光無線通信に世界で初めて成功しました（図 1 参照）。深紫外マイクロ LED の光取出し面に位相型フレネルゾーンプレート（FZP）ナノ構造[*7]を形成することで（補足資料 図 2 参照）、光取出し効率を 2 倍以上に向上させると同時に（補足資料 図 3 参照）、LED から放射される光の配光角を制御しました。その結果、従来構造では 117° に広がっていた配光角を 14° まで狭め（補足資料 図 4 参照）、外付けレンズなどの光学部品を用いることなく、高指向性の深紫外光を受信側へ効率的に届けることを可能にしました。

続いて、開発した“オプティクスフリー深紫外マイクロ LED”を送信光源として高速光無線通信実験を行いました。その結果、従来構造の深紫外マイクロ LED では最大約 10 dB であった S/N 比を、最大約 35 dB まで大幅に向上させることに成功しました。これは、受信側に届く電力比として、約 300 倍の改善に相当します（補足資料 図 5 参照）。さらに、直交周波数分割多重（OFDM）方式[*8]と、多値変調技術である直交振幅変調（QAM）[*9]を組み合わせた、高速データ伝送試験を実施した結果、従来構造では最大 469 Mbps であったデータ伝送速度を、約 4.5 倍となる最大 2.1 Gbps まで高速化させることに成功しました（補足資料 図 6 参照）。外付けレンズなどの光学部品を用いることなく、S/N 比を大幅に向上させることで、副搬送波（サブキャリア）[*10]に、より高次の QAM を適用することが可能となり、Gbps 級の高速データ伝送を実現しました。

今回の成果は、光の配光角制御機能を深紫外マイクロ LED 自体に集積することで、高い S/N 比と Gbps 級高速通信を両立させた世界初の実証例となります。深紫外光無線通信の更なる高速化に加え、高純度合成石英レンズなどの高額な外付け光学部品を不要とすることで、従来の外部光学系に依存した深紫外光無線通信システムの構成を大幅に簡略化し、低ノイズ・高速かつ低コストな次世代の深紫外光無線通信システム実現への道を拓く成果です。

【今後の展望】

今回開発した技術は、外付けレンズなどの光学部品を不要とすることでシステムの低コスト化を可能にすると同時に、Gbps 級の高速通信を実現するもので、今後、屋外環境での低ノイズな高速光無線通信や車車間通信、見通し外高速光無線通信などへの実用展開が期待されます。

NICT では、深紫外光 ICT デバイス技術の更なる研究開発とその社会実装に向けた取組を進め、太陽光下の屋外環境でも低ノイズ・高速・大容量に通信可能な次世代の光無線通信技術の発展に貢献していきます。

＜論文情報＞

著者: Lingjie Wei, Guo-Dong Hao, Manabu Taniguchi, and Shin-ichiro Inoue
論文名: Optics-free Gbps DUV optical wireless communication through far-field pattern control of DUV micro-LEDs using nano-structures
掲載誌: *Optics Express*
DOI: 10.1364/OE.598780
URL: https://doi.org/10.1364/OE.598780

＜関連する過去の報道発表＞

・2026 年 10 月 22 日「世界初、高効率なトップエミッション型深紫外 LED の開発に成功」
https://www.nict.go.jp/press/2026/10/22-1.html

・2025 年 11 月 13 日「世界初、コンサートホール規模の大空間中の浮遊ウイルスを安全かつ高速に不活性化する深紫外 LED 大空間殺菌システムの開発に成功」
https://www.nict.go.jp/press/2025/11/13-1.html
・2025 年 2 月 12 日「高強度深紫外 LED により鉄道車両内の省電力な空気殺菌を実現」
https://www.nict.go.jp/press/2025/02/12-1.html
・2023 年 11 月 1 日「世界初、光の配光角を制御できる深紫外 LED の開発に成功」
https://www.nict.go.jp/press/2023/11/01-1.html
・2023 年 6 月 1 日「深紫外 LED を活用した日中・屋外かつ“見通し外”環境下での光無線通信実証に成功」
https://www.nict.go.jp/press/2023/06/01-1.html
・2022 年 10 月 27 日「世界初、ワット級高出力動作の深紫外 LED 小型ハンディ照射機の開発に成功」
https://www.nict.go.jp/press/2022/10/27-1.html
・2022 年 3 月 18 日「高出力深紫外 LED（265nm 帯）によりエアロゾル中の新型コロナウイルスの高速不活性化に成功」
https://www.nict.go.jp/press/2022/03/18-1.html
・2017 年 4 月 4 日「150mW 超（発光波長 265nm）世界最高出力の深紫外 LED の開発に成功」
https://www.nict.go.jp/press/2017/04/04-1.html
・2015 年 4 月 1 日「世界最高出力（90mW 超）の深紫外 LED の開発に成功」
https://www.nict.go.jp/press/2015/04/01-2.html

＜ 本件に関する問合せ先 ＞
国立研究開発法人情報通信研究機構
未来 ICT 研究所 神戸フロンティア研究センター
深紫外光 ICT 研究室
井上 振一郎
E-mail: s_inoue@nict.go.jp

＜ 広報 （取材受付）＞
広報部 報道室
E-mail: publicity@nict.go.jp

＜用語解説＞

***1 オプティクスフリー深紫外マイクロ LED**

外付けレンズなどの外部光学部品を使用することなく、LED 自体に形成したナノ光構造によって、放射される深紫外光の配光角を制御できる深紫外マイクロ LED。
今回開発した深紫外マイクロ LED では、光取出し面にナノ光構造を形成することで、光取出し効率を向上させるとともに、一般に広い角度に放射されてしまう深紫外光を狭い配光角に制御し、受信側へ効率的に信号光を届けることができる。高純度合成石英レンズなどの高額な外付け光学部品を必要としないため、深紫外光無線通信システムの簡素化や低コスト化が期待できる。

***2 深紫外マイクロ LED**

発光領域を微小化した深紫外 LED。LED の発光領域を微小化することで、素子の静電容量を低減し、高速な変調動作が可能となることから、高速光無線通信用の光源として期待されている。一方、発光面積が小さいため光出力が限られ、受信側に届く信号光の強度を十分に確保することが課題となっている。

***3 信号対雑音比（Signal-to-Noise Ratio：S/N 比）**

通信において、受信した信号の強さと雑音の強さの比を表す指標。一般にデシベル（dB）で表され、S/N 比が高いほど、雑音に対して信号を明瞭に識別でき、より高速で安定したデータ伝送が可能となる。今回の光無線通信では、ナノ光構造による配光角制御によって受信側に届く信号光を強めることで、S/N 比を 10 dB から 35 dB に大幅に向上させた。

***4 ナノ光構造技術**

光の波長（数百ナノメートルオーダー）以下の微細構造を駆使した光の位相制御技術。ナノメートル（nm）とは、10 億分の 1 メートルを表す単位。
今回開発した深紫外 LED では、ナノオーダーの寸法で設計された位相型フレネルゾーンプレート構造を用いて LED 活性層から放射される深紫外光の位相の制御を行った。

***5 配光角**

放射される光の広がり方を数値で示したもの。数値が小さいほど狭角、大きいほど広角に広がることを表す。

***6 光取出し効率**

半導体内の活性層で発光した光のうちで LED 外部へ有効に取り出された光の割合。現在、AlGaN（窒化アルミニウムガリウム）系深紫外 LED の高効率化・高出力化を阻んでいる要因の一つが、極めて低い光取出し効率の問題である。

***7 位相型フレネルゾーンプレート構造**

同心円状の輪体によって構成され、各位置での光の位相を制御することで、光の集光やコリメート等を行う機能を持つ。深紫外波長領域で実現するためには、ナノオーダーの高精度な微細加工技術が必要となる。
NICT の当研究グループは、AlN 基板の光出射面に位相型フレネルゾーンプレート構造を形成することで、高指向性深紫外 LED を世界で初めて実証することに成功している（2023 年 11 月 1 日報道発表参照）。今回、本技術を活用・発展させ、サファイア基板の光出射面に同構造を適用することで、配光角を制御した深紫外マイクロ LED を作製し、高速光無線通信における送信光源として用いた。

***8 直交周波数分割多重方式（Orthogonal Frequency-Division Multiplexing：OFDM 方式）**

データを多数の異なる周波数の副搬送波（サブキャリア）に分割し、それぞれに情報を割り当てて並列に伝送する通信方式。互いに直交する複数のサブキャリアを用いることで、限られた周波数帯域を効率的に利用し、高速・大容量のデータ伝送を可能にする。今回の光無線通信では、各サブキャリアの S/N 比に応じて異なる多値度の直交振幅変調（QAM）を適用することで、高速データ伝送を実現した。

***9 直交振幅変調（Quadrature Amplitude Modulation：QAM）**

信号の位相と振幅を組み合わせて複数の情報を一度に伝送する多値変調方式。例えば、16-QAM では 1 シンボル当たり 4 ビット（$16=2^4$）、64-QAM では 6 ビット（$64=2^6$）、512-QAM では 9 ビット（$512=2^9$）の情報を伝送できる。QAM の多値度が高いほど一度に多くの情報を伝送でき、データ伝送速度を高めることができる一方、信号を正確に判別するためには、より高い S/N 比が必要となる。今回の光無線通信では、ナノ光構造による S/N 比の大幅な向上により、より高次の QAM を適用することが可能となり、データ伝送速度の高速化を実現した。

***10 副搬送波（サブキャリア）**

OFDM 方式において、データを並列に伝送するために用いられる多数の異なる周波数の搬送波。各サブキャリアにそれぞれ情報を割り当てて同時に伝送することで、高速なデータ通信が可能となる。今回の光無線通信では、各サブキャリアの S/N 比に応じて適用する QAM の多値度を最適化し、S/N 比の高いサブキャリアには、より多くの情報を伝送できる高次の QAM を適用することで、データ伝送速度の高速化を実現した。

補足資料

今回開発した Gbps 級光無線通信を実現するオプティクスフリー深紫外マイクロ LED

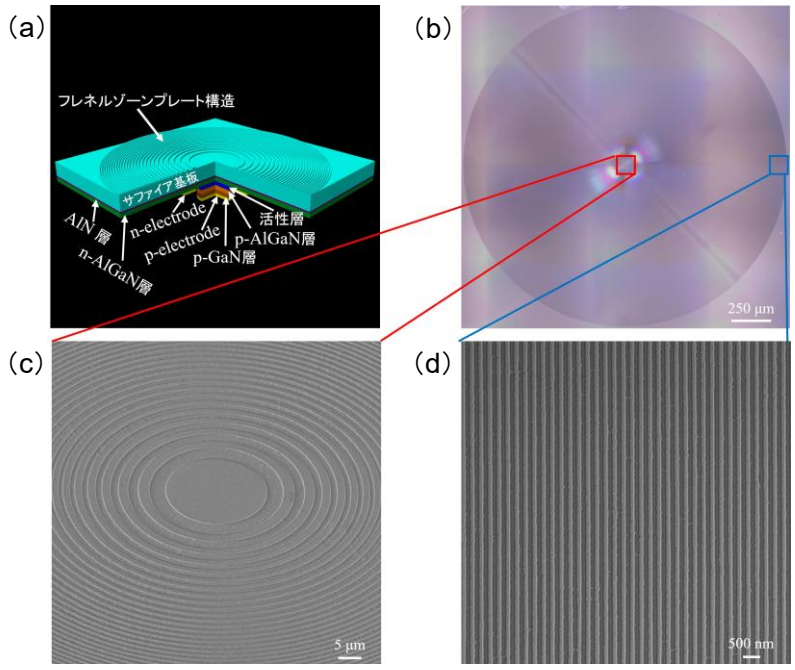


図 2（a）今回開発したオプティクスフリー深紫外マイクロ LED の模式図、
（b）作製した位相型フレネルゾーンプレート構造部の光学顕微鏡写真、
（c）中心部 及び（d）最外周部の走査型電子顕微鏡（SEM）拡大写真

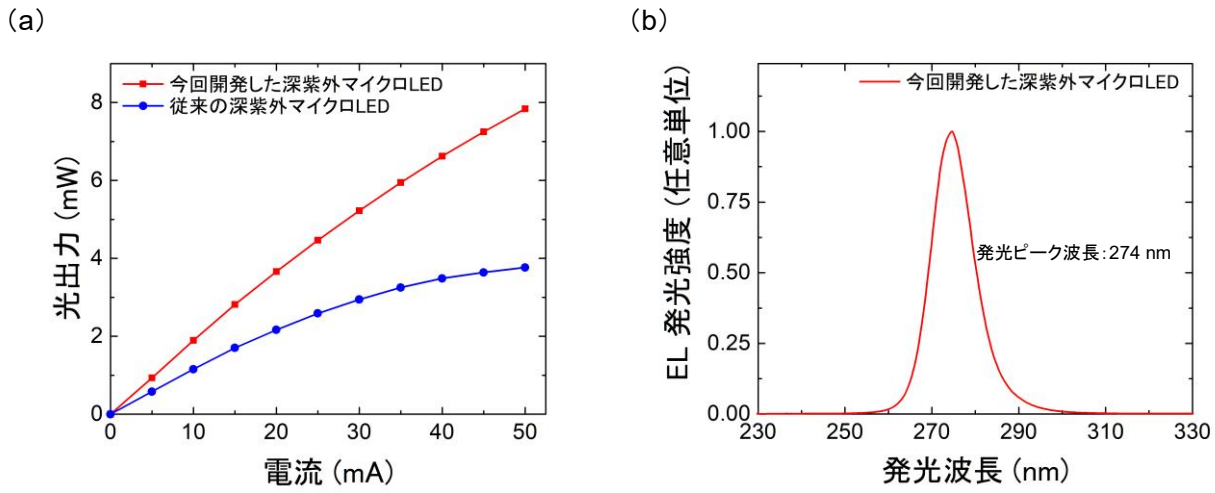


図 3（a）深紫外マイクロ LED の注入電流に対する光出力（今回開発した光出射面に位相型フレネルゾーンプレート構造を形成した深紫外マイクロ LED と従来の光出射面がフラットな深紫外マイクロ LED の比較）
及び（b）今回開発した深紫外マイクロ LED の発光スペクトル

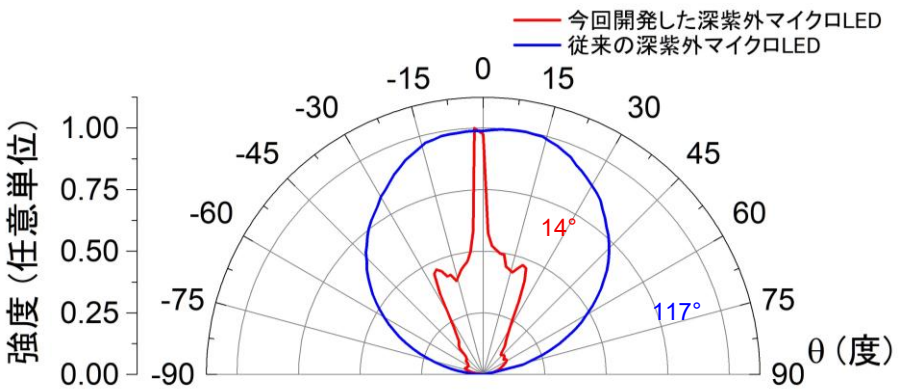


図 4 作製した深紫外マイクロ LED の配光特性の測定結果

従来構造では 117°に広がっていた配光角を、今回開発した深紫外マイクロ LED では、ナノ光構造による配光角制御により、14°まで狭めることで、外付けレンズなどの光学部品を用いることなく、高指向性の深紫外光を受信側へ効率的に届けることを可能にしました。

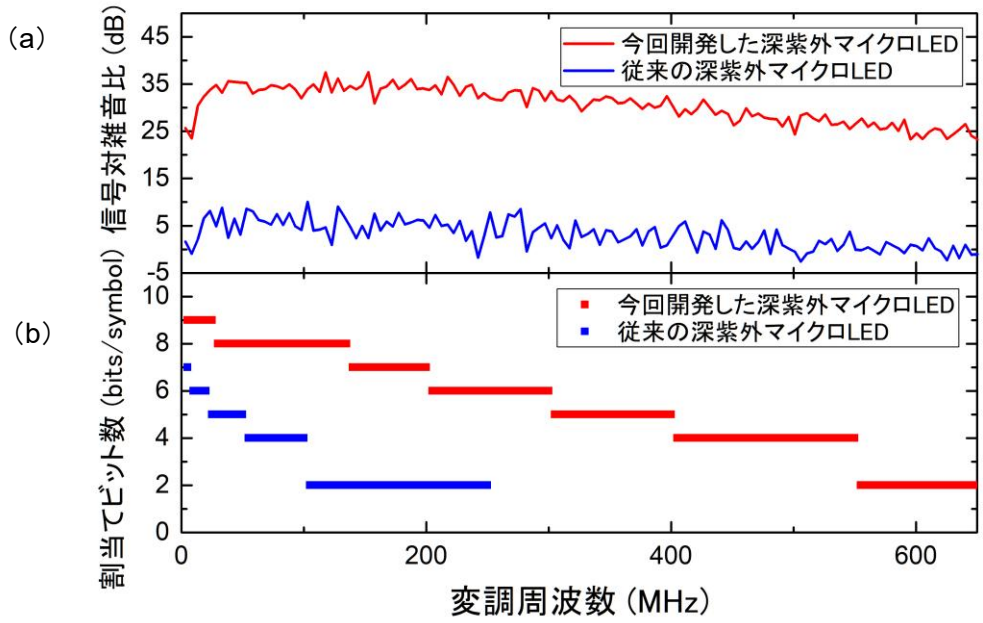


図 5（a）今回開発したオプティクスフリー深紫外マイクロ LED と従来構造の深紫外マイクロ LED を用いた
変調周波数に対する信号対雑音比（S/N 比）
及び（b）各周波数における 1 シンボル当たりの割当てビット数の比較

今回開発したオプティクスフリー深紫外マイクロ LED では、ナノ光構造による配光角制御により、従来構造と比較し、受信側に届く信号光の S/N 比を 10 dB から 35 dB へ大幅に向上させました。これは、受信側に届く電力比として、約 300 倍の改善に相当します。これにより、各周波数のサブキャリアに、より多くのビットを割り当てることが可能となり、データ伝送速度の大幅な高速化を実現しました。

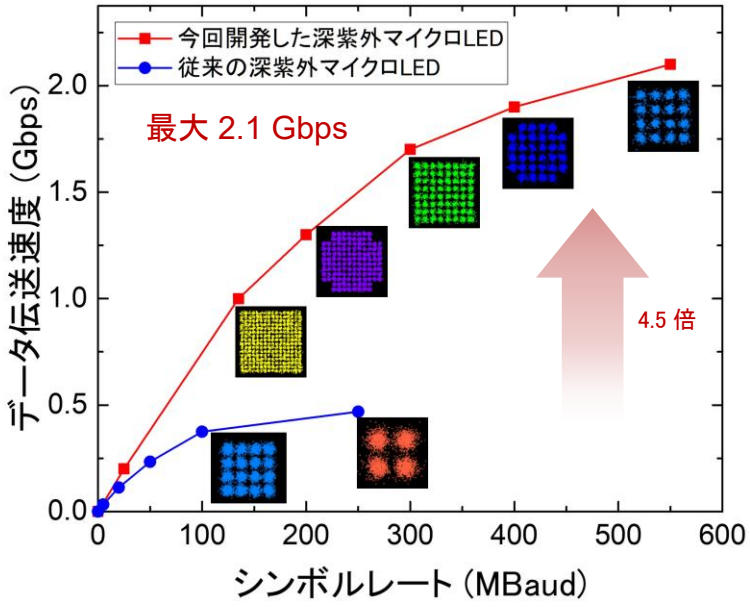


図 6 今回開発したオプティクスフリー深紫外マイクロ LED と従来構造の深紫外マイクロ LED を用いた光無線通信における
シンボルレートに対するデータ伝送速度の比較 及び 受信信号のコンスタレーション図

今回開発したオプティクスフリー深紫外マイクロ LED では、S/N 比の大幅な向上により、従来構造では最大 469 Mbps であったデータ伝送速度を、約 4.5 倍となる最大 2.1 Gbps まで高速化することに成功しました。受信信号も明瞭に識別されており、高速かつ安定した Gbps 級光無線通信を実現できることを実証しました。