

高速・大容量通信を実現した新しい光無線通信装置

—ファイバ敷設が困難な場所でも1km以内なら高速・大容量の通信ネットワークが構築可能に—

「空間光をシングルモード光ファイバに直接結合することにより、1本の光ファイバと等価な信号伝送を実現した光無線通信装置について紹介します。」

有本 好徳 (ありもと よしのり)

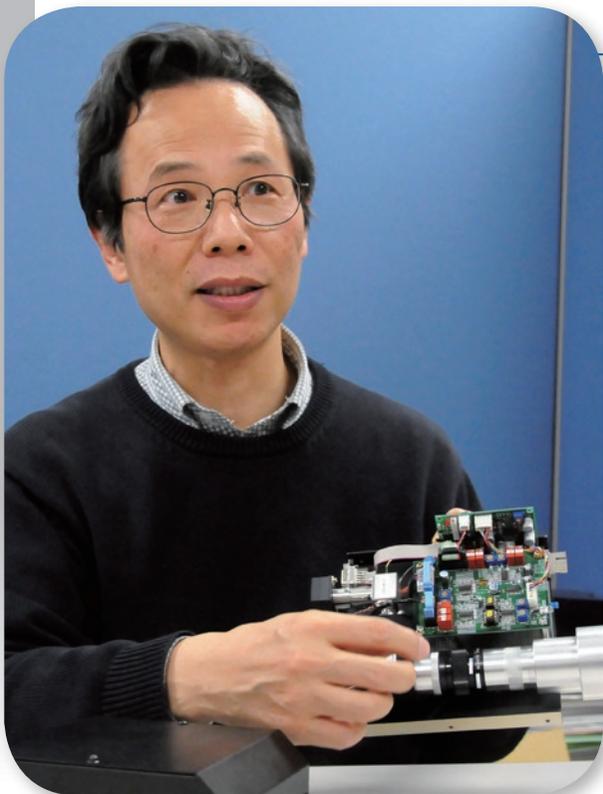
ワイヤレスネットワーク研究所
宇宙通信システム研究室 主任研究員

大阪大学大学院修了後、1979年郵政省電波研究所（現NICT）に入所。衛星管制、宇宙通信、光無線通信などの研究に従事した後、現在は光無線通信装置の開発に携わっている。装置の光学設計、電気設計、機械設計は筆者自身がおこなっている。博士（工学）。

NICTでは、10,000km以上の遠距離にある人工衛星との間で、レーザ光を使って大容量通信を実現する技術を、10年以上にわたって研究してきました。この研究開発で蓄積したレーザ光の精密な追尾技術を活用して、光ファイバの敷設が困難な場所でも光ファイバと同等の高速・大容量の通信ネットワークが構築できる新しい光無線通信装置を開発しました。

● 世界最高の通信容量を持った光無線通信装置

空間を通してレーザ光を伝送する光無線通信は、光ファイバ通信や電波を用いた無線通信と比較すると、ケーブルの敷設や無線局免許等の手続きが不要で、相手局が見えれば数kmにわたって高速・大容量の信号が伝送できるため、今でも



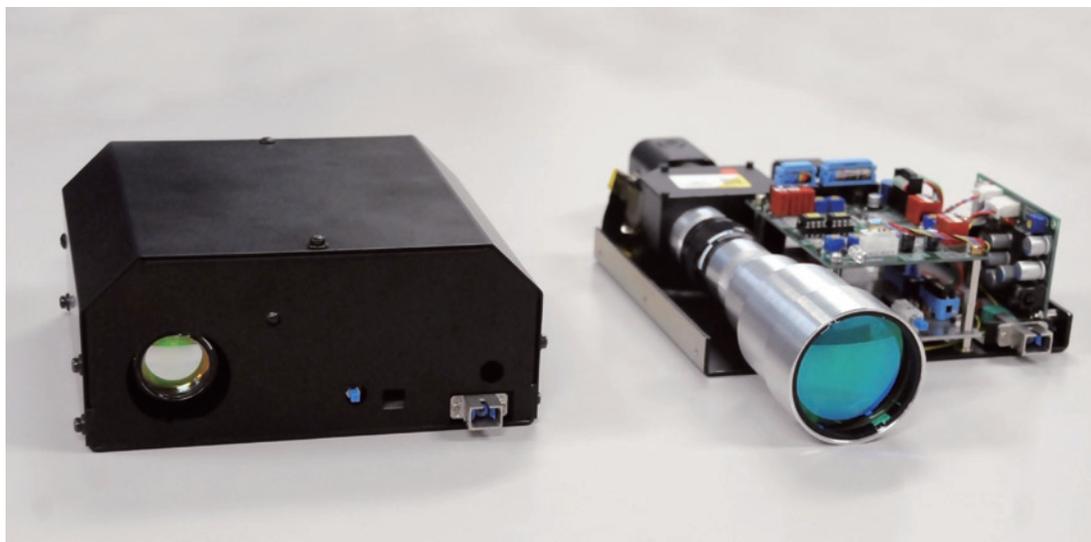


図1 光無線通信装置(左)と遠距離用の大型望遠鏡を取り付けた場合(右)

複数の製品が企業や大学内の LAN の拡張や映像信号の伝送等に使われています。しかしながら、これらの製品は波長 $0.78 \mu\text{m}$ から $0.85 \mu\text{m}$ のレーザを使っているため、送信出力を人体(目)に対して安全な数 mW に制限する必要があり、また、使用している光源や受光デバイスの動作速度の制約から、ギガビットイーサネット(1.25Gbps)程度までの通信が実用上の限界でした。さらに、ネットワーク機器との接続において光電変換が必要のため、伝送サービスごとに信号波長や変復調方式、信号形式を変えた装置を開発する必要がありました。

このような問題点を解決し、無線通信においてもシングルモード光ファイバ通信を使ったネットワークと同じように 10Gbps から 1Tbps の高速・大容量を実現するためには、空間を伝送した光を直接光ファイバに結合する光無線通信方式が有効と考えられます。しかしながら、 $10 \mu\text{m}$ という微小な光ファイバの開口に光を効率良く安定に結合させる高い精度を持った光学系を実現することは容易ではありません。通信相手から空間を伝送してきたレーザ光は大気ゆらぎによって到来角が変動したり、光無線通信装置の

設置場所の振動や建物の熱ひずみによって入射角が変動するので、安定した信号受信のためには、これらの変動を打ち消す自動追尾システムも必要になります。

そこで、衛星間光通信のために NICT で開発してきたレーザ光の精密な指向・追尾技術を活用することにより、光ファイバとの結合に必要な精度を持った小型の光無線通信装置(図 1)を開発しました。この装置を使って、2006 年から現在までに、10/100 ギガビットイーサネット、光符号分割多重化(CDMA: Code Division Multiple Access)信号、さらには高密度波長多重(DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing)による 1.28Tbps の大容量光信号が、地上の数百 m の距離にわたって光ファイバと同様に伝送できることを示してきました。

● 開発した装置の概要と屋外伝送実験

NICT で開発した光無線通信装置の動作原理を図 2 に示します。この装置は、光アンテナ(ビームエキスパンダ)、水平・垂直の 2 方向についてビームの角度を制御できる高速ミラー駆

動機構、追尾センサを内蔵したファイバ結合光学系から構成されています。

伝送に用いる波長 $1.55 \mu\text{m}$ の信号光と波長 $0.98 \mu\text{m}$ のビーコン光の2種類のレーザを1本のシングルモードファイバから送信しますが、対向する装置では、このビーコン光の方向をファイバ結合光学系にある追尾センサで検出し、ミラーの角度を動かしてファイバの入射角を一定に保つことにより光ファイバと同等の安定した信号伝送を行います。

このような単純な構成を用いているにも関わらず、追尾サーボの帯域が 8kHz 以上と広く、装置の内部損失も 2dB 以下と小さくできたため、光ファイバとの直結を特徴とする数少ない光無線通信装置の中では世界最高性能を実現しています。内部構造の詳細を図3に示します。装置全体の重量は 1.2kg 以下、設置調整時のみに使用する CCD カメラを除いた消費電力は 1.2W 以下で、電池駆動でも 24 時間以上の連続運用ができます。

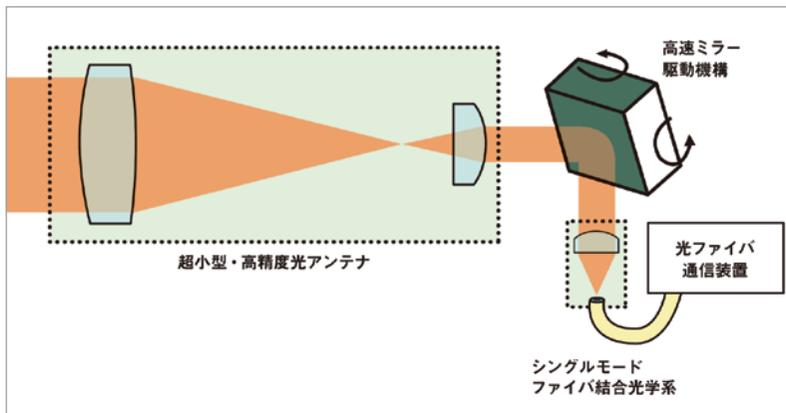


図2 新しい光無線通信装置の動作原理

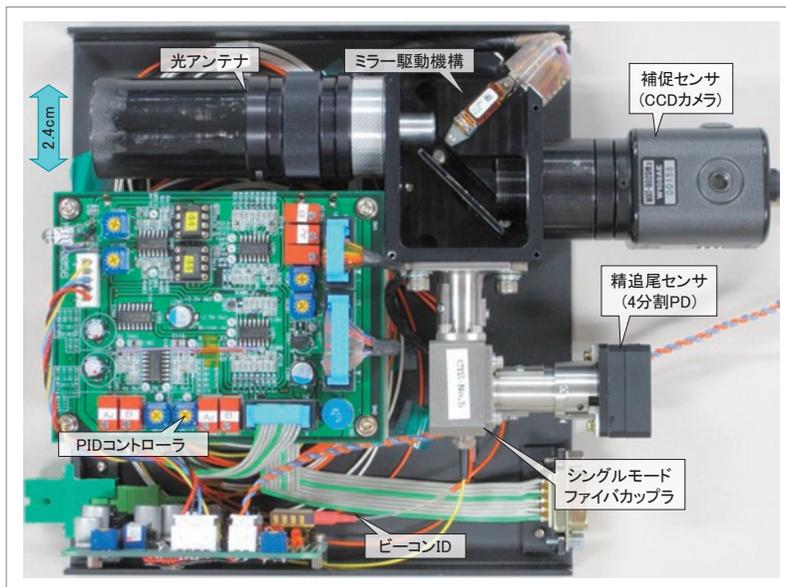


図3 光無線通信装置の内部構造

この装置 2 台を対向させることにより、距離 30m から 1km まで各種の光信号伝送を実施してきました。図 4 及び 5 には、2007 年にイタリア・ピサにあるサンタナ大学で 1.28Tbps の DWDM 信号伝送実験を実施した時の様子を示しています。2009 年にも同じ場所で 10Gbps のイーサネット信号伝送実験を実施しています。

最初の屋外実験から 5 年が経過しましたが、この装置を超える性能を持った光無線通信装置は未だに開発されておらず、NICT が技術的に世界をリードする位置にあります。この技術を実用化するための技術移転にも取り組んでおり、製造コスト削減のための設計の見直し、設置調整の簡易化のための検討も進めております。大型の車両や船舶・航空機に 10Gbps 以上の伝送容量を持った通信を提供するためには、本稿で紹介した光無線通信方式しか解決手段がないため、情報通信技術が成熟するにつれて本研究開発成果を活用する分野が広がっていくものと期待しています。



図4 サンタナ大学通信研究所の屋上に設置した光無線通信装置



図5 サンタナ大学通信研究所から対向局を見た伝送路の様子