



Profile

情報生産システム分野

教授 **坪川 信**
博士(北海道大学)

研究分野

- ・光ファイバセンシング技術
- ・光機能部品技術
- ・高信頼ネットワークアーキテクチャ
- ・光伝送システム技術

Web <https://www.f.waseda.jp/tsubokawa.m/>

IPS 教員インタビュー

ちょっとした“ひらめき”が光ファイバ技術を変革する可能性

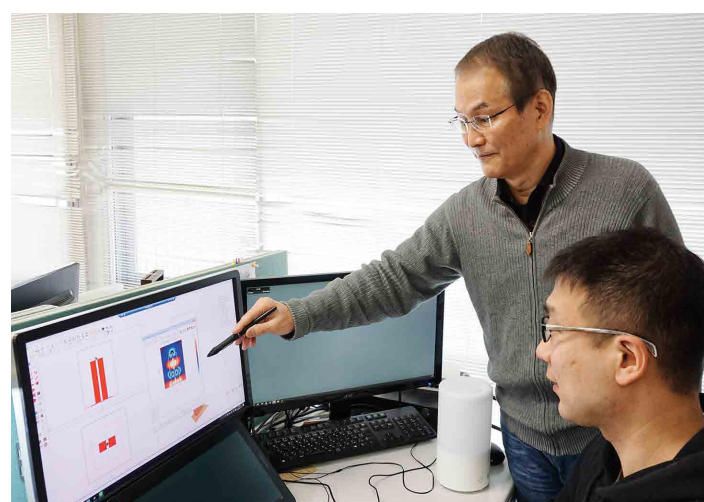
もはや「社会インフラ」の1つとなった、有線・無線によるインターネット通信網。それを支えているのは、光ファイバなどによる「光導波路」と、それを組み合わせた「光ネットワーク」だ。一般に“研究され尽くした領域”と考えられている光ファイバだが、大学院情報生産システム研究科の坪川信教授は、それらを「構造」段階から見直し、新たな可能性を模索している。

「アイデア模索型研究」が面白い結果を生むかもしれない

透明なコアの周囲を、屈折率が異なるクラッドで包んだ“チューブ状”の二重構造の中を、半導体レーザーによって発せられた光が伝送される…。これが、光ファイバの仕組みだ。すでに30~40年ほど前から様々な研究が進められており、すでに現在、極限に近いところまで伝送ロスを抑えた製品が、インターネット通信網などに使われている。

「もしも海水が光ファイバの材料で出来ていたとしたら、赤外光ならマリアナ海溝の底を泳いでいる魚が海面から綺麗に見える。それくらい伝送ロスが少ない光ファイバが、現実の通信回線で使われています。だから、未開拓の部分はあまり残っていない…というのが一般的な見解です」。しかし、研究され尽くした領域だからこそ、何か見落とされている部分はないか、残された可能性はないのかという観点から、坪川研究室では主に「構造」の変更によって、光ファイバの新たな活用法の研究に取り組んでいる。

「例えば、“一方通行”である光ファイバに、途中の側面から光を入れて伝搬させ、端面で取り出せる仕組みを組み込めば、長手方向の分布型センサや通信ができます。そのファイバで『面』を作れば、太陽光発電の集光器など用途の拡がりも考えられるはずだ。光ファイバ内に光を拡散させる粒子を混ぜ込んだ集光器や、特定箇所側面へ散乱させる表示デバイスなど、研究テーマの切り口は、いずれもユニークである。「既存製品を改良する」とか、“変調器の速度を競う”とかの極限追及が目的ではなく、ちょっとしたひらめきや関心を基に研究テーマを決める『アイデア模索型研究』です」。だからこそ、“縛り”のない自由な発想が生まれる。



Beyond 5Gの無線通信では、光ファイバ網の役割が増す!?

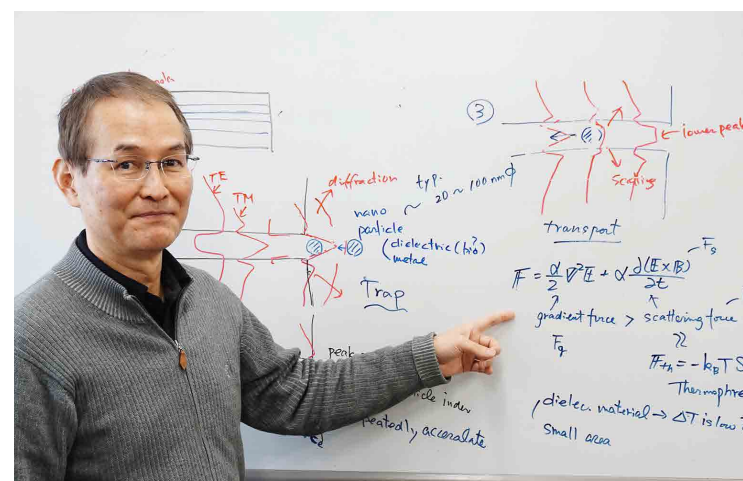
私たちが使うスマホやパソコンが、自宅や学内、外出先などあらゆる場所でネットに接続できるのは、「FTTH (Fiber To The Home)」や「FTTB (Fiber To The Building)」などの光ネットワークが、全国津々浦々に張り巡らされているおかげだ。坪川教授は光ファイバそのものだけでなく、光ネットワークの信頼性や拡張性を高める研究にも力を入れている。

「通信センタから、家庭や職場までを光回線で繋ぐために、1本の光ファイバを30本以上に分岐させる『PON (Passive Optical Network)』というネットワーク構造が使われています。経済性を第一に考えると、非常に合理的な回線構造なのですが、信頼性や拡張性の面では、必ずしも理想的とは言えません」。1本の光ファイバを幾重にも分岐する段階で、大きな損失があり、伝送される光信号の合分離制御も必須なためだ。

「特に今後、5Gから、さらに高度な6G通信が実用化されると、色々な問題が発生する可能性があります」。その1つが、増大する基地局をいかに合理的に光ファイバ網で収容するかだと坪川教授は指摘する。Beyond5G通信では『テラヘルツ』と呼ばれる周波数帯まで検討されている。「電波は、周波数が高くなるほど指向性が強くなるので、進行方向にビル群などがあると、それを迂回することが難しくなる。必然的に、基地局を支えるための柔軟で高速な光ファイバ網が求められます」。

とは言え、通信規格の世代が変わるたび、あるいは住宅地の幅幅やビル増設などで通信不能エリアができるたびに、光ネットワークや基地局を増設しては、インフラ整備費用も莫大なものになる。「回線を地中に埋設する工事は特にコストがかかるので、いったん工事を終えた後に仕様変更が必要になっても、部分的な入れ替えや地上からの切り替え操作だけで済ませられるような、高付加価値なネットワークアーキテクチャを提案したいと考えています」。

自分なりのアイデアを試せる「ナノスケール光デバイス」



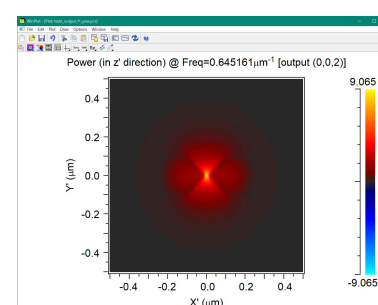
今、坪川研究室の研究員たちが“最もホットな話題”として取り組んでいるテーマが、『ナノスケール光デバイス』の設計だ。坪川教授自身も研究のメイン分野を、ナノデバイス領域に移しつつあるという。

例えば、極微細な数十nm (ナノメートル) 程度のシリコン導波路や、金属を加えたプラズモン導波路が、集積光回路要素として注目されている。「ナノスケールになると、物理的に予想できなかった様々な現象が起きます。すぐ先が読めないから興味深いし、物理的に見て面白い。だからアイデアがどんどん広がるのです」。数nmの光のスポットを作る特殊な構造の光ファイバ設計や、そのスポットを活用した「光ピンセット」で、ナノ粒子をつまんで移送できるような導波路の設計にチャレンジしている。

「通常、光には『回折限界』があるので、レンズを使っても波長の半分ぐらい、せいぜい数百nmまでしか絞れません。しかし導波路構造で、見かけのスポットを数nmまで小さくし、可視光でも超高精度な加工や配線描画に応用できる可能性があります。ナノ粒子の伝搬にも使えるかもしれません」。

「もちろん、解決しなければならない課題は数多くあります。しかし、ナノサイズの世界では予想していなかったような変化に驚き、それが何故なのか、何かに応用できないかという具合にアイデアが広がっていきます」「学生自らが不思議を感じ、その問題を捉えて解決法や利用法を提案する、ワクワク感を味わってほしい」。坪川研究室に所属する研究員たちも、決められたターゲットをあえて持たず、アイデアとオリジナリティを探索できる研究の醍醐味に魅了されている。

(*) レーザー光による照射圧で、サブミクロンの細胞や粒子を捉え移動させることのできる光デバイス



特殊なスロットコア光ファイバ中にナノ光スポットが形成されているシミュレーション画像