

授賞業績

大容量長距離光ファイバー通信用 半導体レーザーの先導的研究

末松安晴博士

1932年9月22日生まれ(81歳)
東京工業大学名誉教授

概要

現在の情報化社会を支えているのが光ファイバーによる光通信ネットワークです。東京工業大学名誉教授の末松安晴博士は、光エレクトロニクスの黎明期である1960年代初頭から光通信の研究に取り組んできました。博士の研究は、常に社会が求める性能を予測、理論と実験を組み合わせ実現するという「問題解決型研究」の先駆けでもありました。そして、1980年代初めに光ファイバーの損失が最小になる波長の光を発生し、かつ情報を送るために光を高速で変調しても波長が安定した動的単一モードレーザーを完成。大容量長距離光ファイバー通信の実現に大きく貢献しました。

光ファイバー網の実現を支えた 半導体レーザーの革新

第二次世界大戦が終わり、新たな時代を模索していた1960年代に生まれた言葉が「情報化社会」です。情報技術が、経済活動、文化、教育、日常生活など様々な分野に浸透し、大きな変革をもたらすことを意味しています。情報化社会の実現のために、科学者や技術者は通信技術の革新に挑戦してきました。

例えば、マイクロ波、ミリ波などによる無線通信技術の発展により、1963年には日米間の衛星中継に成功。1979年には、首都圏で後に携帯電話へと発展する自動車電話サービスが開始されました。そして、情報化社会の高度化に大きな貢献をしたもう1つの技術が光ファイバーを利用した光通信です。高速変調（電波や光などの「波」に情報を載せる技術）されたレーザー光を光ファイバーの中を通して送ることで大量のデータを送ることを可能としました。

東京工業大学名誉教授の末松安晴博士は、1960年代初頭から光通信に用いる光を発振する半導体レーザーの開発に取り組みました。そして、1981年に光ファイバーの損失が最小となる波長の光を発生（長距離通信に重要）、高速に変調しても波長が安定している（大容量化に重要）半導体レーザーを実現。光ファイバー網の実現に大きく貢献しました。

ミリ波を一気に超えて 未知の領域である光通信技術に挑戦

末松博士は、1932年に岐阜県で生まれました。子供の頃から真空管ラジオを自作する「ラジオ少年」であった博士は「技術をやるなら東工大だ」という叔父のアドバイスで東京工業大学に進学しました。

大学では指導教官である森田清博士のマイクロ波

通信の実験に深い感銘を受け、通信の研究をしたいと考えました。しかし、大学院で研究を続けるうちに「マイクロ波やミリ波による大容量通信は困難ではないか」と思うようになりました。「シャノンの定理では、電磁波による通信は周波数の半分までの情報量が限界。だが、より波長の短い光を使えばミリ波の数千倍の情報を送ることが出来る」と考えた博士は、大学院を修了し1961年に助教授になると、ミリ波を飛び越え研究テーマに光通信を掲げました。

大学内には「実用化の見えない研究より、目の前にある課題に挑戦すべき」という意見も多く、覚悟を必要とする決断でしたが、追い風は光通信を実現する要素技術が次々と生まれてきたことです。1964年に東北大学の西澤潤一博士らは、広域帯での信号伝達が可能な「自己集束型光ファイバー」を提案。1966年にチャールズ・カオ博士(1996年日本国際賞受賞者)は、低損失の光ファイバーが実現可能であることを理論的に予測し、光ファイバーによるデジタル通信網への期待が高まりました。

課題は光ファイバー通信に最適な光源を開発することでした。数百キロという規模のファイバーの中を光を減衰させずに送るためには、光の波長と方向が整った光であるレーザーが必要でした。当時、さまざまな技術が開発されていましたが、情報を0と1の組み合わせで伝えるデジタル通信では、異なった光がまざっていると、長距離になると情報を正確に伝えられません。一定の波長の光を安定して発振できる高精度のレーザーが求められていました。

博士が本命として選んだのは1962年に実現した半導体レーザーです。半導体レーザーはn型、p型という2種類の半導体の間に「活性層」という物質を挟んだ構造をしています。半導体に電圧をかけることで、両者の間で電子が移動しそのときのエネルギーの変化に応じた波長の光(光子)が発生します。発生した光は、次の電子の移動を促すために、活性層の中で

図1 半導体レーザーの基本原理

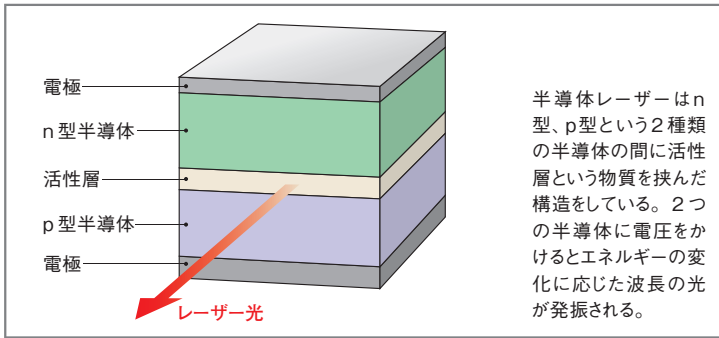


図3 集積レーザーに用いられた周期構造型反射器

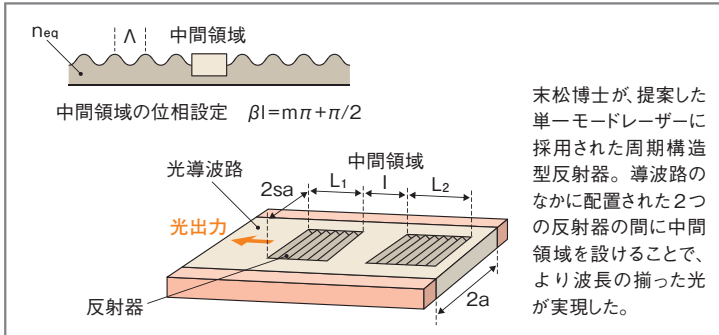
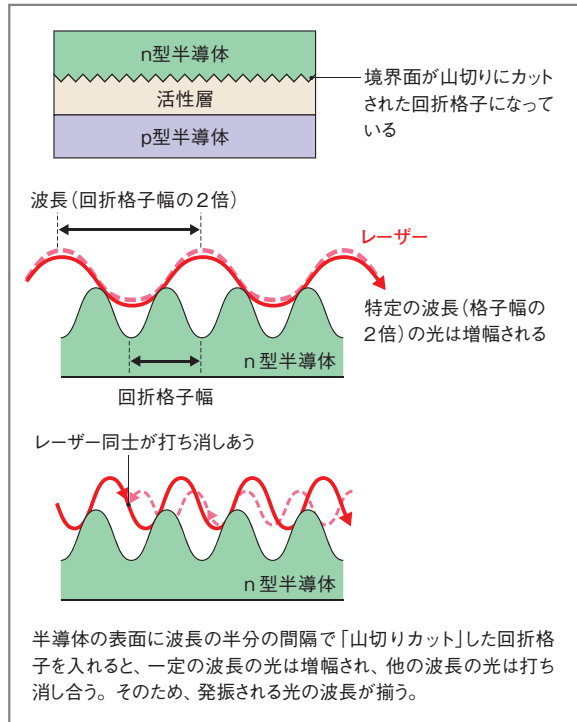


図2 光の波と周期構造型反射器



どんどん増幅され、一定以上の強さになるとレーザー光として発振されるのです(図1)。ただ、半導体レーザーには、光を高速変調させようとすると波長が変わってしまう課題があり、これを専門家は「発振モードが跳ぶ」「多モード発振になる」と表現します。デジタル情報を伝えるには、大容量情報を載せるために光に高速変調をかけてもモードが変化しない(単一モード)ことが求められました。

動的単一モードレーザーを実現 長距離光ファイバー通信が現実

末松博士の研究スタイルは、大学の研究者としてはユニークなものでした。研究目的は、社会が求める性能を実現すること。大学の研究者がやるべきことは、基本理論をとことん追求し「最適解(ソリューション)」を導き出すというものでした。

例えば、光の波長を揃えるためには周期構造を用いた光の反射器という技術があります。これは半導体の表面あるいは内部に波長の半分の間隔で「山切りカット」を入れると、目的とする波長の光は強め合い、それ以外の光は打ち消し合うというものです(図2)。末松博士は、この技術を理論的に追求するだけでなく、実際の光通信に使えるデバイス(装置)に導入してレーザーの動作を安定させようと考えました。

取り組んだのは集積レーザーの研究です。半導体レーザーには、光を強める「活性領域」と光を一定の方向に導く「導波路」、光を反射する「反射部」があります。反射部に周期構造型反射器を使い、他の部分と集積化することで、「光集積回路」など次世代技術の礎になると期待しました。そして、研究を始めて13

年後の1974年には集積された「導波路」内に2つの周期構造型反射器を置き、その間に波の位相が半分だけずれる中間領域を設けることで(図3)、波長が揃った光を発振する単一モードレーザーを提案しました。

さらに、1970年代に光ファイバー内で光の損失が最小になるのが1.5マイクロメートル波長帯であることが分かったと、博士は半導体の独自開発を進め、InGaAsPレーザーによる1.5マイクロメートル波長光の室温連続発振に成功。1980年秋には、周期構造型反射器をつけた集積レーザーにより1.5マイクロメートル波長帯レーザーの試作に成功。情報を送るために高速変調しても安定した光の発振が可能であることが実証され、翌1981年にヨーロッパの学会でこれを「動的単一モードレーザー: Dynamic Single Mode Laser」として発表しました。

動的単一モードレーザーは、その後の光ファイバー通信に欠かせない技術となりました。このようにして1980年代の中頃には光ファイバーを長距離通信に用いる技術が確立され、都市間、国家間といった拠点間の通信インフラとして用いられました。1995年以降、一般社会に広がったインターネットもこの技術なくしては実現しなかったといえます。

博士は、集積レーザー技術の高度化にも貢献しました。1983年、博士らは発振波長を電氣的に制御する波長可変半導体レーザーを世界で初めて実現。2000年代に入り光ファイバーは光波長多重通信という新たな技術を導入し通信ネットワークのさらなる高速化を実現していますが、そこにも博士が開拓した技術が大きく貢献しています。博士が切り拓いてきた集積レーザー技術は、これからも私たちの情報化社会を進化させ続けることでしょう。