

ゼロから始める  
**レーザーの  
教科書**



**黒澤 宏 著**



株式  
会社

**オプトロニクス社**

---

# はじめに

レーザーは「誘導放出による光の増幅」の略語です。アインシュタインが予言した「光の誘導放出理論」が基になっています。と言うと、レーザーって、なんだか難しそうと考えてしまいがちです。中身について知りたくもないなんて、思っている人が多いと思います。レーザーを理解するためには、大学の理系で勉強するような高度な学問が要るのではないかと考えていないでしょうか？いえいえ、中学校の理科程度の知識でも十分理解できるのです。

誘導放出や増幅以外にも、反転分布、共振器、モード、原子と電子、そしてコヒーレンスなど、いくつかの専門用語が出てきます。レーザーの3大特徴は、指向性、単色性、集光性です。初めは面食らいますが、これらに慣れるだけでも理解が早くなります。

レーザーとは「役に立つ新しい光とそれを作る機械」のことです。身の周りにはたくさんのレーザーが活躍しています。自動車工場、半導体工場、工事現場、スーパーマーケット、遠距離通信、ゴルフ場、そして病院でも使われています。

今やレーザーなしには我々の生活が成り立たなくなっています。このようなレーザーのことを正しく理解するための第一歩を踏み出していただくべく、ゼロからやさしく、そして正確に書きました。難しい言葉や数式は使っていませんが、正しいことをごまかさずに書いたつもりです。

本書を読んで、レーザーについて興味を持ってください。きっと面白くなるものと思います。本書は光とは何ですか？レーザーとは何ですか？の問いに答えることから始めて、いろいろなレーザーの構造や特徴についてお話ししています。レーザーの本当の姿を知って、新しい利用法を見つけ、来る光の時代に即応できるようにするのが、本書の目的です。

宮崎大学 名誉教授

黒澤 宏

---

## ◆◆ も く じ ◆◆

第 1 章	レーザーとは何か？— その魅力に迫る .....	1
第 2 章	光は電磁波 .....	5
第 3 章	どんなレーザーが、どのようなところで活躍しているのか？ .....	9
第 4 章	原子の構造を詳しく見る .....	13
第 5 章	原子と光，そしてレーザー.....	18
第 6 章	レーザーのコヒーレンスとは？ .....	23
第 7 章	レーザー共振器と横モード.....	27
第 8 章	レーザー共振器と縦モード.....	31
第 9 章	ガスレーザー .....	37
第 10 章	いろいろなガスレーザー .....	41

---

第 11 章	ルビーレーザーを例にした固体レーザー入門	46
第 12 章	ネオジウム固体レーザー	51
第 13 章	波長可変固体レーザー	55
第 14 章	ファイバーレーザー	60
第 15 章	半導体について	67
第 16 章	半導体レーザーの基礎	76
第 17 章	いろいろな半導体レーザー	83
第 18 章	レーザー光を操る — 偏光	90
第 19 章	レーザービームを繰る — 波長変換	97
第 20 章	新しいレーザー	108

## 第1章

# レーザーとは何か？ — その魅力に迫る

図1-1は、緑色のレーザー光を出しているレーザー装置です。光がまっすぐに進んでいるのが分かります。この光もレーザーですし、光を出している装置もレーザーと呼んでいます。

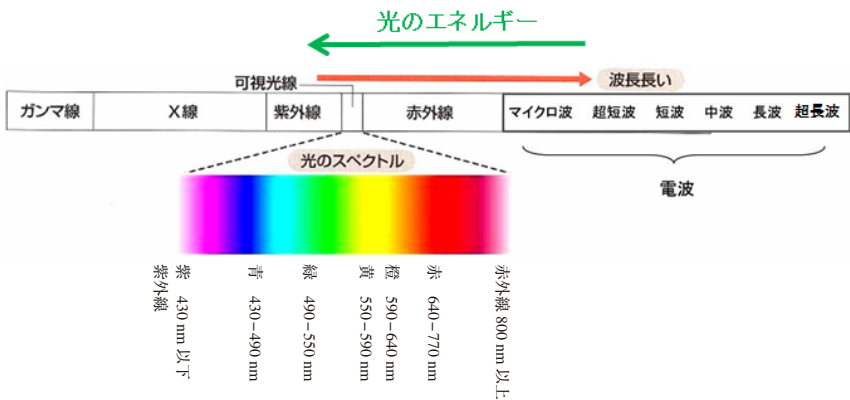
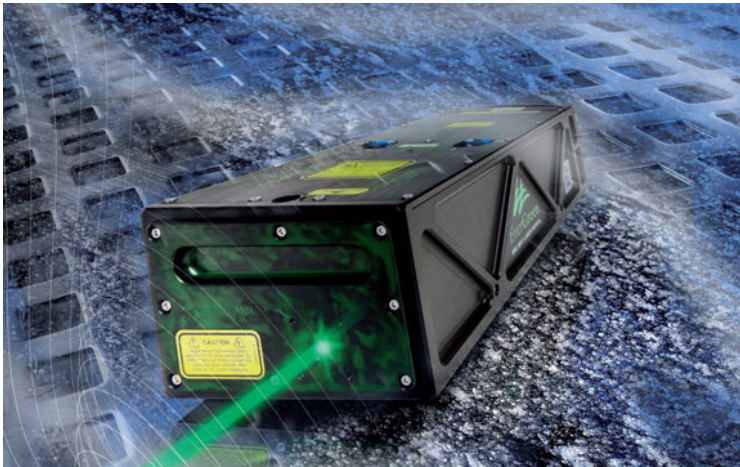


図1-1 レーザーとは「役に立つ新しい光とそれを作る機械」のことです。

レーザーとは役に立つ新しい光とそれを作る機械のことです。光は原子から出てきます。波長によって呼び名が変わります。電波、可視光線、X線は同じ仲間です。

レーザー装置の構造を簡単に描くと、**図1-2**のようになっています。反転分布を持つ媒質(レーザー媒質)、反転分布を作るための外部励起源、レーザー媒質で作られた光を往復させて増幅するための2枚のミラーで構成された共振器からできています。このような難しい言葉も慣れてしまえば、何てことはありません。これから、このような言葉の意味を詳しく、分かりやすくお話ししていきます。

20世紀を一言でいえば、エレクトロニクスに代表される時代でした。電話、放送、医療へとエレクトロニクスが大活躍し、家庭にもどんどん入り込んできた時代です。おかげで、とても便利で快適な生活を送る事ができるようになってきました。今の私たちはエレクトロニクスのかごの中で暮らしているのです。

エレクトロニクスと言えばトランジスタやコンピュータですが、これらと並んで、20世紀最大の発明の中にレーザーが入っています。トランジスタは集積回路(ICやLSI)に発展し、私たちの身の周りにあふれるようになってきましたが、一方のレーザーはそれほどでもありません。でも、「21世紀

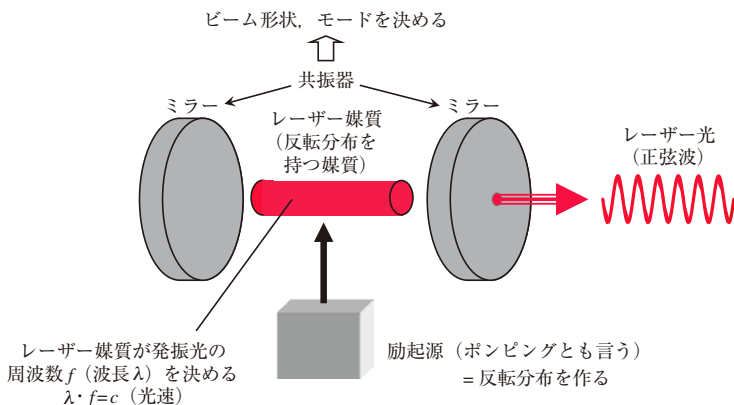


図1-2 レーザーの基本構成

は光の時代」と言われています。光が大活躍する時が来るのです。

レーザーと言うと、何だかむずかしいもの、何だかこわいものというイメージを持っていませんか。実は身近なところで見ることができます。例えば、スーパーマーケットのレジでバーコードを読み取るのに使われています。一度レジの人の側から覗いてみてください。赤色か緑色の光線を見ることができます。

また、CDやDVD、ブルーレイディスクのプレーヤーやレコーダにも搭載されています。このうち、ブルーレイディスクとは、青紫色の半導体レーザーを使った高密度な記録を可能にする光ディスクのことで、さらに自動車工場に行くと鉄板を切ったり、穴を開けたり、くつつけたりと、レーザーを搭載したロボットが大活躍しています。通信にも大量に使われていますし、未来の発電といわれている核融合を起こすのにも使われようとしています。

20世紀のハイテク時代は集積回路とコンピュータが作ってきましたが、これらの中で働いているのは電子（エレクトロン）です。電子は原子の中に閉じ込められている極めて小さな粒子です。“…子”は、極微粒子の代名詞ですが、言うならば、電子はそれのご先祖様です。電子が大活躍する現代の人間は、電子の森の住人であると言えるでしょう。電子が原子から解き放たれて自由になったとき、動き回って仕事をします。時には熱になり、時には電気を起こし、そして時には情報を伝えます。

電子は動くことでエネルギーを伝達し、仕事をします。しかしながら、電子は小さすぎて、沢山の電子が集まらないと仕事になりません。例えば、100 Wの電球を点灯させるには1秒間に $10 \cdot \cdot \cdot 00$  (0が18) 個の電子が必要です。こんなにたくさんの電子が電球の中を走って、やっと100 Wの明るさを出すことができます。

携帯電話では、音声や映像を電子の働きに乗せてアンテナから電波として発信します。相手方の携帯電話では、アンテナで電波を受けて、電子の動きに変え、スピーカーや画面に映し出します。このためには、受信した信号を運ぶ電子の数を多くする、すなわち信号の振幅を大きくする必要があります。携帯電話の中にはこの増幅の働きをする増幅器が入っています。

光の世界でこの増幅器と同じ働きをするものが、レーザーです。増幅だけ

でなく、光を作り出す、すなわち光の発生器（発振器）もレーザーと呼んでいます。光の速度は1秒間に地球を7周半するほど速いので、送り手側の情報が、ほぼ同時に相手方で見たり聞いたりできるわけです。

電波は、学校で習う正弦波の形をしており、理論（計算）通りに、取り扱うことができますが、もし光が電波と同じ仲間、正弦波ですと、電波と同じことを光でもできることになります。一般の光は電波とは異なる波ですが、レーザーはまさに電波と同じ形の波であると言えるでしょう。レーザーは、電波でできることを光の世界で実現することが最初の目標でしたが、最近のレーザーの進歩を見ると、電波ではできないことまでやってのけようとしています。



# OPTRONICS eBOOK

## ゼロから始める レーザーの教科書

---

著者	黒澤 宏
初版発行日	2017年4月24日
デジタル版	2017年5月31日
発行	株式会社オプトロニクス社
URL	<a href="http://www.optronics.co.jp">http://www.optronics.co.jp</a>
E-mail	<a href="mailto:booksale@optronics.co.jp">booksale@optronics.co.jp</a>

本作品の一部または全部を無断で改ざん、複製、転載、配信することを堅く禁止します。

また、OPTRONICS eBOOKの利用規約により、有償・無償にかかわらず本作品を第三者に譲渡することはできません。