

レーザーコンパス

レーザーと光計測

朝倉利光*

Toshimitsu ASAKURA*

近年，“光計測”という言葉が光応用技術の基礎として非常にポピュラーに使われている。少なくとも10年前までは，この言葉は殆んど見当らなかったが，似た言葉に“光学計測”があった。同様のことが，光学技術にかわって光技術が登場してきた。何故に光学計測や光学技術という言葉が薄れて，光計測や光技術がポピュラーになって来たのであろうか。それは，光学計測や光学技術という言葉が古くさいという単純な理由だけだろうか。以下で，このような現象の背景について考察してみよう。

まず，光に関する学問である光学の発展史を概観してみよう。古代から17世紀初めまでは，光の本性についての形而上学的思索の域を出なかったが，客観的なものに光線の概念が形成され，光線の幾何光学的法則が確立された。光学が物理学として確立されたのは17，18世紀で，光がもつ回折，干渉，複屈折，分散などの多彩な性質が実験をもとにしてできあがって行った。この過程で，特にニュートンの研究をもとにした光の粒子性がクローズアップされた。19世紀前半には，ヤングやフレネルによる光の波動性の提唱と，それに続く光の波動論を力学的に基礎づける研究が精力的に行なわれ，今日の古典光学の大部分の課題が研究の対象となった。さらに19世紀後半には，マックスウェル・ローレンツの電磁気学が完成すると共に，古典光学は光の電磁波動論の中に組み入れられた。しかしこの時期はマックスウェル理論によってはつきりさせることができない光と物質の相互作用の

問題が明らかになり，光学の中に新しい分野として分光学が台頭してきた。この新分野は光の粒子性がもとになり，20世紀初頭には量子論への道を開き，相対性理論の出現と合わせて，それまでの光学は一応の完結をみた。

19世紀末までにほぼ完成した古典光学は，主にアカデミックな領域で発展してきたが，それ以降はアカデミックな領域を離れて広い分野での実用科学として歩み始め，応用物理学の一分野として成長してきた。応用物理学的な色彩を強めた光学は，もっぱら光学機械の開発への推進役として発展し，まったく物理学の領域から離れた精密工学の基礎課目となり，そのような状態で今世紀中期にさしかかった。このような古典光学を主流とした光学は，完全に広い領域における計測手段としての役割を築きあげ，“光学計測”の分野を確立した。しかし，光学計測は主に干渉現象をもとに展開されたが，肝心の光学機械は幾何光学を基礎に発展し，両者の関係は余りすっきりしたものになっていなかった。すなわち，光学計測が光の波動性を主体に展開されたにもかかわらず，光学機械ではそれを問題にするまでに行かなかった。このような状況を作り出した原因は，主に光源にあった。光源は熱光源で，それから放射される光はほぼインコヒーレント状態にあった。したがって，光の波動現象を利用した光学機械は殆んどなかったし，光学計測はそれを扱ったにもかかわらず，コヒーレント光に近い状態で計測を行なうことの困難さから超精密技術の域を出ることができ

* 北海道大学応用電気研究所 (〒060 札幌市北区北12条西6丁目)

* Research Institute of Applied Electricity, Hokkaido University (Sapporo, Hokkaido 060)

ず、光学計測が一般化するに至らなかった。

ところが、1950年代に入って光学の様相に徐々に変化が現われてきた。アッペやゼルニケの顕微鏡の基礎研究を通して、光源の重要性が認識され、かつそれに伴う光のコヒーレンス性の役割が明らかになり、光の波動性を積極的に利用する光学機械の出現となった。さらに、光学への情報通信理論の応用が進展し、電気系と同様に光学系が情報伝送機構として扱われるようになり、益々光の性質の重要性が認識されるに至った。これらを通して、光の波動性を中心に古典光学の再編成が行なわれようとしたが、それらは決定的要因となり得なかった。この決定的要因は、レーザーの出現によってもたらされた。レーザーの出現は、完全なコヒーレント光の実現を可能にし、干渉や回折の現象を通して光の波動性の性格を一段と浮彫にし、新しいコヒーレント光学の確立を促進してきた。また、レーザー光という粒子密度の高い光源の出現は、光学の歴史において見え隠れしてきた光のもつもう一つの性質である粒子性の本質を決定的に現わし、光と物質の相互作用の科学的認識を押し進めてきた。その結果としての量子光学の発展は目ざましいものがある。

レーザーの出現により、光学の分野は過去20年の間にすっかり新しい姿に変貌してきた。過去においては、光は主に日常的な経験をもとに何であるかが問われてきたが、その答は非常に不思議な性質をもった簡単に理解できない波動であり粒子としてであった。しかし、レーザーの出現は、光がもつ著しい特性を明らかにすると共に、その特性を利用した光学のアカデミックな研究や応用的な研究を猛烈な勢いで復活させてきた。すなわち、19世紀にアカデミックな課題から離れた光学は、ここにきて再び物理学としての光学に戻り、かつ広い実験科学への新しい測定手段を提供しつつある。このようにして、新しい物理学の分野として光物理学が形成されつつある。また、特性が明確になった光は、その特性を生じた応用的な分野においても多彩な発展が行なわれつつあり、光の波動性を中心

にして情報関連分野で、光の粒子性を中心にエネルギー関連分野で、新しい光工学が形成される状態になってきた。これら光物理学や光工学の発展と共に、光を用いた計測が純粋科学においても応用科学においても益々重要な役割を担いつつあり、ここに“光計測”という分野の誕生を見ることが出来る。光計測は、過去の古典光学、特に光の波動性に基礎をおいた光学計測と異なり、光がもつ波動性ばかりでなく粒子性をも積極的に利用する計測であり、その用途は純粋および応用科学の広い領域にわたっている。

光計測は、光が非常に波長の短い電磁波であることから、高感度、高精度で、かつ電磁的誘導を受けないで非接触、無浸襲で測定できるなど、電気利用の計測にない特色をもっている。さらに、レーザー光の出現でコヒーレンス性、単色性、指向性、大強度などの特色をもつようになり、光の二重性である波動性と粒子性を使い分ける計測もできるようになった。光計測はこれらの優れた特徴をもつにもかかわらず、現在までそれらを十分に生じたものになっていない。その理由は、いくつか考えられる。例えば光を低損失で自由に伝送させる媒体の未開発、光—電気および電気—光の情報変換法の未解決、点検出を主とする光電検出器にかわる二次元光電検出器の開発の遅れ、光を用いることによる多量情報の発生とその処理の困難さなどがあげられる。しかし、最近の光ファイバー技術や光変調技術の急速な発展、固体イメージセンサなどの登場による二次元光電検出器の出現、コンピュータ技術による多量情報の高速処理法の確立などにより、以上の課題が徐々に解決されようとしている。したがって、これらの最近の発展をふまえた光計測の新しい展開が益々期待されるようになってきた。

以上から明らかなように、レーザーの出現が光計測を生み出し、光計測はその周辺技術の進展と相俟って、特に情報やエネルギーの関連分野の着実な発展のために欠かせないものとなっている。