

レーザー計測技術の高度化

和田智之、小川貴代、津野克彦
理化学学研究所、光量子工学研究領域、光量子制御技術開発チーム

Development of on-demand lasers and their sensing applications

Satoshi WADA, Takayo OGAWA and Katsuhiko TSUNO
RIKEN, RIKEN Advanced Photonics Research Center (RAP)

We have developed many kind of laser sensing systems based on the new lasers and optical systems. Advantage of our method is noninvasive for imaging. Depending on applications, requirement for light source is much different and needs the development of original light source and also optical system. In the presentation, we introduce possibility of laser sensing technology through our previous works for medical sensing, agriculture, monitoring of infrastructure, environmental sensing, and science applications. An example is the sensing system for infrastructure. Many infrastructures such as buildings, bridges and tunnels were constructed about 60 years ago in Japan. Increasing of maintenance fee is important issues for our country. So simple and precise method for measurements are strongly required. For measurement of the surface conditions of the tunnel by 3D imaging, we introduce a frequency shifted feedback laser in order to obtain the precision of distance between laser and surface of the tunnel.

理化学研究所では、レーザーの材料科学、光制御技術を基礎として、社会的、科学的ニーズに対応できる新しいレーザーの研究開発および応用研究を推進している。レーザーを主とした光技術を駆使することにより、これまで見ることはできなかったものを非侵襲で見ることが目指している。計測の目的により、光源及び光検出システムに要求される使用は大きく異なる。特に光源部では、これまでにない仕様が要求される件がほとんどである。本稿では、われわれがこれまで開発してきたシステムの事例を通してレーザー計測技術の展望を紹介する。具体的には、ノルウェーのトルムソに設置した超高層大気を観測するための589nm黄色レーザー、極地研および米国メーカーと開発をしている、近赤外線及び、紫外線を利用したライダーシステムである。後者は、南極に設置し、極地の高層大気の観測を開始している。一方、農業、医療、インフラ計測のための計測システムの開発も進めている。農業計測では、植物が出す微量分子を計測するシステムの開発を行っている。計測により、病気にかかった植物は、特殊な分子を出すことが判明し、新しい病気の観測システムの開発に成功した。医療計測では、人の息に含まれる微量分子の計測や、非侵襲で血液情報を取得するシステムの開発を推進している。人の息に含まれる微量分子の種類により、多くの病気予知が可能になると考えている。さらに計測システムは、高度経済成長期に建設された建造物や、道路、鉄道のトンネルの計測に展開されている。本講演では、それぞれの計測に要求されるレーザーの基盤技術やシステムの詳細を述べる。

第1の事例は、現在開発中のトンネル計測システムである。高度経済成長期に集中的に整備された橋梁・トンネル等の公共インフラは、建設からすでに60年が経過し、10から20年後には、寿命を迎えることがわかっている。予防、保全を図るためには、これらの公共インフラの劣化・損傷を高速・高精度に計測する検査方法が必要となる。従来技術（近接目視法、打音検査法、超音波法、電磁波レーダー法）には、作業性、安全性、検査時間、検査制度の面で課題が残されている。レーザーを用いた検査法により、遠隔（非接触）で安全に高速・高精度に劣化・損傷を計測し、さらに内部欠陥も検出する技術を可能にすることを目指している。

本研究では、特にトンネルの高速かつ安全な検査技術として、レーザーによる表面計測技術の開発を行っている。表面形状のモニタリングシステム、トンネル・橋梁等の長期構造物としての変形を正確に把握するとともに、これらのデータを3次元イメージ化し、予測診断を含めた画期的なインフラ保守保全に資することを目的としている。図1に応用イメージを示す。動いている車両からレーザーを照射することにより表面の亀裂、段差を計測する。計測に要求される仕様は、面内分解能0.2mm、深さ方向の分解能が、0.1mm程度である。

鉄道や、道路に用いられているトンネルのおおよその径は、数10m程度である。この距離から0.1mmの分解を得るためには、従来のタイムオブフライトの技術では不可能である。そこで、本課題では、周波数帰還形レーザーと呼ばれるレーザーの特徴を利用した新しい計測システムを実現した。図1に、本システムによる計測イメージを示す。

図2に装置の概要を示す。レーザー共振器内にAOTFと呼ばれる光の周波数のシフタを配置した。それにより、共振器内に常に周波数がシフトしながら伝搬する、周波数帰還形レーザーが実現される。レーザー媒質に、波長可変チタンサファイアを用いることで、AOTFは、波長の選択にも利用され、コンピューター制御による、高速波長が可変も同時に実現される。計測は、レーザーを2次元に掃引することによって行う。周波数帰還形レーザーの干渉パターンを開発することにより、10

m程度の距離でも、100 μ m程度の計測分解能を得ることができる。同時に、波長可変レーザーを利用することにより、コンクリート表層の分光計測が可能となる。コンクリートの塩害や、劣化、泥水の検出が表面の3次元計測とともに可能となる。

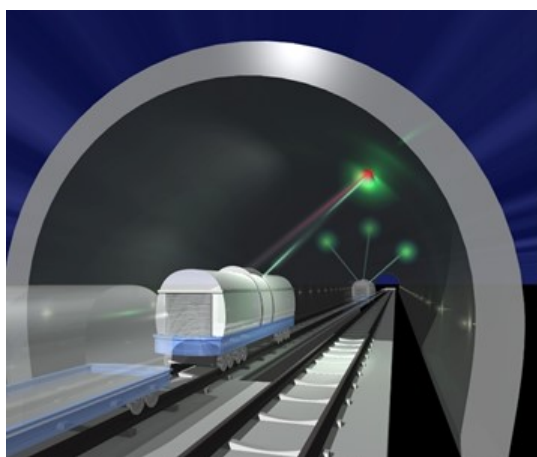


図1 レーザーによるトンネル計測のイメージ

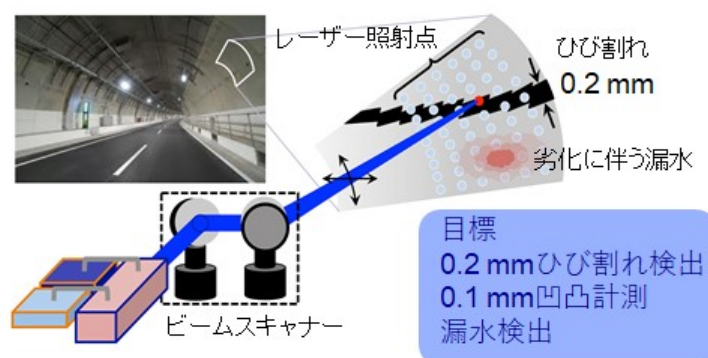


図2 周波数帰還形レーザーによる距離計測

第2の例は、環境計測用ライダーシステムである。本講演では、国立極地研と進めている、波長可変アレキサンドライトレーザーを利用したライダーシステムについても光源を中心に紹介する。アレキサンドライトレーザーは、大出力のパルスが発生することに適しているレーザーでは、700-800nmで波長可変である。第二高調波を利用すれば350-400nmの紫外領域をカバーすることができる。詳細は講演の際に述べる。