

# 環境リモートセンシングとレーザセンシング

久世 宏明

千葉大学環境リモートセンシング研究センター (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33)

Environmental remote sensing and laser sensing

Hiroaki Kuze

Center for Environmental Remote Sensing, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522

(Received January 13, 2022)

Global distributions of various environmental parameters are acquired in environmental remote sensing, mainly from the image analyses of both visible-infrared and microwave satellite images. Many of the studied variables are closely related to the issue of climate change, including the atmospheric concentrations of greenhouse gases, radiative properties of aerosols and clouds, water vapor and precipitation, changes in land surface coverage, sea surface temperature, and so on. By virtue of their superb characteristics of narrow bandwidth, good directivity, coherence, and high peak power, lasers can produce valuable data when applied to environmental measurements. In this special issue, we present five review articles that describe the topics of water vapor measurement in the oceanic troposphere, network observation of tropospheric aerosol, aerosol observation in the stratosphere, temperature and wind speed measurements in the Arctic mesosphere, and temperature and air density variations observed in the mesosphere over Antarctica, embodying the general versatility of lidar methodologies.

キーワード：リモートセンシング, 環境計測, レーザセンシング, ライダー

**Key Words:** Remote sensing, Environmental measurement, Laser sensing, Lidar

1972年のレーザ・レーダ研究会の発足からちょうど半世紀が経過した2022年、レーザセンシング学会が一般社団法人化する運びになった。日本の人口構成の少子化・高齢化が進む中、世界の国々に伍して学術の活力を維持・発展させるには大きな努力を要するが、日本の特色ある科学技術の一翼を担うレーザセンシング学会が一般社団法人として更に発展するよう、本号の読者の皆様とともに祈念したい。本号は、「ライダー観測 I」と題する特集号で、そのテーマは対流圏・成層圏・中間圏のライダー観測である。この巻頭言では、筆者が千葉大学において長年携わってきた環境リモートセンシングと、レーザーによる環境センシングのつながりについて考えてみたい。

国連が2030年までに達成を目指す「持続可能な開発目標」(SDGs)における17項目のうち、いくつかのゴールとして設定されているように、地球環境問題の重要性・緊急性は科学技術界にとどまらず社会的に認識されるようになってきている。脱炭素化をはじめとして、気候変動への対策と適応は、社会的・経済的にも大きな影響を及ぼしつつある。環境リモートセンシングという学問分野は厳密な意味で学術的定義がなされている訳ではないが、精力的に研究されている多くのテーマが広域の地球観測と結び付いており、その基盤となっているのが衛星データによる解析である。極域の海水の変化、アマゾン熱帯林における伐採の影響評価、広域災害の前後における地表被覆の比較などにおいて、可視・赤外波長やマイクロ波観測によって取得された衛星データは、画像データそのものとして有用性が高い。同時に、地上でのさまざまな観測データとの比較や校正を通じて一定の精度が保証されれば、科学解析用の定量的データやグローバルモデルの入力データとしての役割も担っている。衛星データが活用できる環境にかかわるテーマは、雲やエアロゾルの太陽放射・地球放射への影響、CO<sub>2</sub>コラム量や大気汚染気体などを含む大気環境、気象現象、雪氷域を含む

水環境、海面温度、全球バイオマスなど植生量の評価、洪水・地震・火山など各種の災害監視、都市化や砂漠化など地表面被覆変化のモニタリングなど、多岐にわたっている。

衛星観測の理想は、なるべく高頻度に、高空間分解能のデータを取得することである。しかし、Landsat など地球観測衛星の多くが軌道高度 700~800 km 程度の低軌道衛星であることから、10 m オーダーといった高分解能でのデータ取得は月に数回に限られる。米国の衛星 Aqua と Terra に搭載された MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) センサなど、幅 2000 km にも及ぶ広域の画像を 1 日に 1, 2 回取得できるセンサの場合には、多数のバンドでのデータが取得できる一方、地表分解能は 1-2 km 程度と限定的である。赤道上空 36,000 km からの定常観測を行うひまわり 8 号など静止軌道衛星では、10 分間に 1 シーンといった高頻度観測が可能で、適当な画像処理を行えば雲の影響を相当に低減可能である。それでも、得られる地表分解能はやはり MODIS 程度である。より高分解能が求められる実利用においては、近年ではより地表面に近く、雲が存在しても画像取得が可能な近接リモートセンシングの手段としてドローンが多く活用されるようになってきた。ドローン搭載のカメラを利用することにより、農作物の圃場単位での生育状況の診断を含むスマート農業、湖沼の富栄養化による水質異常の迅速な把握、災害発生時の詳細な被害状況の把握、橋梁など社会インフラの劣化監視など、多岐にわたる応用が実用的なレベルで行われるようになりつつある。衛星データの場合、日本の Tellus や Google Earth Engine など、人類の共通財産としての活用が進みつつある。最近の伊豆半島における土砂崩れでも報道がなされたが、自治体による GIS データの整備・公開とあいまって、今後、衛星やドローンのデータが科学研究を含む多くの目的に利用し得る体制が構築されていくことを期待したい。

こうした環境リモートセンシングの諸分野において、レーザー光を利用したセンシングは、特色あるデータ取得手法を提供し得る。とくに、基本的に 2 次元である画像データと比較すると、地表や雲などのターゲットまでの距離情報を含むことが有用性を高めている。太陽光などブランク放射に基づいて広い波長帯域をカバーする連続光源と比較すると、レーザー光は高いスペクトル分解能をもつ。同時に、高い指向性、高コヒーレンス、短パルスを利用した時空間分解といった優れた特徴があり、これらはライダーによる観測手法においてさまざまに活用されてきている。衛星搭載ライダーについては本学会誌の第 1 巻 2 号に特集が組まれ、植生観測ライダー、高スペクトル分解能ライダーによる雲・エアロゾル観測ミッション、ドップラーライダーによる全球風観測、差分吸収ライダーによるグローバル水蒸気観測などの提案について詳しく紹介されている。こうした各種の衛星ライダーが全球レベルでの広域データを提供するのに対して、地上設置のライダーから得られるデータは、他の測器からの取得が難しいパラメータの時空間変動の様子を明らかにする。近年、とくに注目を集めているのがレーザー測距に基づく点群データの作成とその応用で、森林の維持管理や都市環境分野、自動運転関連などへの応用が実用化されつつある。また、ドローンをプラットフォームとした上空からのライダー測距も急速に開発が進んでいる。新しい光源と検出器を活用したこの分野の最近の進展については、第 2 巻 1 号の平野嘉仁氏による巻頭言を参照されたい。日本のレーザセンシングコミュニティは、ハードの開発から具体的な環境パラメータの取得・解析まで、幅広い分野にわたっている。学会が一つの核となって、ライダー技術やライダーによって取得される環境データの共通プラットフォームの提供が進展すれば、分野の一層の発展と同時に有用な社会貢献につながることを期待される。

本号の記事においては、気象や気候に大きな影響を与える海洋上の対流圏中の水蒸気の観測、日本を含むアジア地域で展開するライダーネットワークによるエアロゾルと雲の長期観測、火山噴火などの影響を含む成層圏エアロゾル観測、気候変動の影響が顕在化しやすい極域における大気観測など、その具体的なデータや、そこから得られる科学的知見、関連分野への波及効果が詳しく述べられている。これらの船舶上や地上からのライダー観測データは、いずれもグローバルな環境パラメータとつながりを有しており、ライダーならではの視点から地球環境の科学的理解に資するものと考えられる。本特集から日本の当該コミュニティの活動の一端を読み取って頂き、読者諸賢の今後のレーザセンシング学会の活動へのご理解とご支援につながれば幸いである。