

レーザセンシング学会ニュースレター

第5号 2020年（令和2年）9月発行

目次

レーザレーダによる大気計測事始め 前田三男	1
OSA Sensors and Sensing Congress 2020 参加報告 神慶孝、杉本伸夫、齊藤保典、椎名達雄	3
International Workshop on Vegetation Lidar and Application from Space 2020 参加報告 境澤大亮	5
イベント・カレンダー	7

レーザレーダによる大気計測事始め

前田三男（九州大学・名誉教授）

九州大学を定年退職してはや15年、その後10年ほど前からはすべての公職を離れ、学会活動とはまったく関係のない生活を送っている私に、新しく発足したレーザセンシング学会誌の巻頭言を書かないかという依頼が来ました。この分野の最近の新しい事情はほとんどわかりませんが、若い人向けにレーザレーダが大気環境計測に使われ始めた時期の昔話でもさせて戴こうと思います。

最初にお断りしますが、私はライダーや大気環境の専門家ではありません。専門はもっぱら新しいレーザを開発し、それをいろいろな分野に応用することに興味を持った「レーザ屋」です。ご承知のように、ルビーレーザが最初に発明されたのが1960年で、私が九州大学工学部電気工学科の宮副泰先生の研究室で初めてルビーレーザに接したのが、1965年のことでした。今から考えると、重要なレーザの基礎研究は「第1世代」と言われる方々が60年代にほとんどやってしまった感がありましたが、「第2世代」に属する私にも少しはやることが残されていて、運良く1966年に出てきた波長可変

の色素レーザの研究に、大学院生時代から取り組むことができました。

ご承知のように、日本におけるレーザレーダ研究の草分けは東北大学の稲場文男先生と九州大学の広野求和先生です。広野先生はそのころ電波研究所から九大の理学部物理学科に移られ、ルビーライダーを駆使し、火山活動に起源する成層圏エアロゾルの観測をして、大きな成果をあげておられました。その広野先生が、或る日私が書いた色素レーザの論文を持って研究室にみえられ、「これを用いると、高層のナトリウムを検知できる可能性がある」ということを示唆されました。それをきっかけに当時エアロゾル観測で学位を取ったばかりの内野修さんを、助手として我々の研究室に迎えることになり、以後ずっと広野研とは親密な共同研究をやるようになりました。

広野先生が我々の研究室を初めて訪ねて来られたのは1970年頃と記憶していますので、言われたようにナトリウム層の観測がスムーズにできたら、世界的にも早い時期だったかと思いますが、残念ながら私の色素

レーザのチューニング技術がお粗末で、モタモタしているうちに、日本でも稲場研の小林喬郎先生らのグループに先を越されてしまいました。しかしその後、この学会の会長をしておられる長澤親生さんががんばり、彼は当時まだドクターコースの学生さんでしたが、自分で色素レーザから自作して詳細な観測を行い、立派な学位論文を書かれたのを記憶しています。

今日でも使われている希ガスハライド系のエキシマレーザは、他の有力なレーザより少し遅れて、1970年代の初め頃登場したレーザです。紫外域でこれまでになく大出力のレーザなので、世界中の大研究所が注目し、急速に研究が進展しました。私がエキシマの研究に着手したのはわりに早かったのですが、世界の研究について行くのがやっとという感じでした。

その頃エキシマレーザの研究はフッ素系のArF・KrF・XeFに集中し、塩素系のXeClはあまり出力の出ないレーザと考えられていました。その原因はハロゲンドナーとして微量混入するCl₂ガスの吸収帯が発振波長と重なっているためでした。そこでその発振波長308 nm域に吸収のないHClガス等をハロゲンドナーとして使えば、KrFに匹敵する高効率を得られます。

そのことに気付いて実験を行い、論文を投稿したのが1977年のことですが、残念ながらこれもロスアラモス研究所に少し先を越されてしまいました。しかし、世の中の学界がXeClエキシマレーザの有用性に気づくまでには半年か1年ほどの遅れがあったので、その間に私はXeClレーザの308 nmという発振波長を応用に使った、自分でもオリジナリティのあると思える論文を3編ほど書くことができました。そのひとつが「エキシマ・オゾンライダ」です。

ご承知のように、フロンガスなどが成層圏オゾンを破壊する可能性があることが、大気化学モデルの計算で明らかになったのは、1974年頃のことです。しかし世の中で「オゾン問題」が騒がれ始めたのは、10年後に南極でオゾンホールが見つかったからでした。先駆者のローランドらにノーベル賞が与えられたのは、さらに10年後の1995年のことでした。しかしオゾン層破壊のことは専門家の間では70年代から問題になっていたようで、1975年頃にはすでに、色素レーザのSHGを用いた差分吸収ライダ (DAIL) によるオゾン観測の論文が出ています。

1978年に、我々はXeClレーザを用いたオゾンライダ観測の論文をAppl. Phys. Lett. に出しました。これはXeClレーザの波長308 nmがちょうどオゾンの紫外線吸

収帯のエッジにあることを利用したものです。当時はまだ私の研究室には受信望遠鏡の設備がなかったので、私の手作りのエキシマレーザを広野研のライダ設備に持ち込んで観測しました。観測は主に内野修さんが行いました。論文の連名者を見ると、その後我々の研究室を経て名古屋大にいった柴田隆さんや、都立大へ行った長澤さんも大学院生として動員されています。

この種のエキシマ・オゾンライダは、その後内野さんがNASAに留学されたこともあって、NASAもこの頃のオゾン層観測によく使っていたようです。また竹内延夫さんがおられた国立環境研には、大がかりな多波長のエキシマ・ライダを備え付けられました。

1982年から85年にかけて、Middle Atmosphere Program (MAP) という国際的な共同大気観測プロジェクトが実施されたことがあります。これは天文学と気象学の境界に位置し、それまで十分な研究がされてなかった高度10 kmから120 kmの間を中層大気 (Middle Atmosphere) と名付け、それが地上の生物環境に与える影響の重要性を訴え、国際的にいろいろな手段を使って観測しようという先駆的なプロジェクトでした。我々の研究室も広野研と共にライダというテーマで、それに参加させていただきました。

私にとって何よりも有り難かったのは、この機会にチャンとした市販の高出力エキシマレーザと、望遠鏡を含む受信設備を私の研究室に備え付けてもらったことでした。

今日、地球大気環境問題は小学生でも知っている大きな社会問題になっています。しかしそれが社会的に認知されたのは1990年代からのことで、オゾン問題の提起がその端緒だったと思います。私は大気環境問題については素人ですが、1970年代、つまり社会的に地球環境問題が大きく採り上げられようになる以前から、広野研の方々を通じてこの問題の重要性を認識し、聞きかじりながら大気モデルに関する解説などを読んで、一般の人向けの講演会などでそのことを訴えてきたことを、今でも密かに誇りに思っています。

21世紀を迎え、地球大気環境問題はますますその重要性を強め、深刻さを増しているように見えます。稲場文男先生が創始され、半世紀にわたって続いてきたレーザ・ライダ研究会には、私も若いときからお世話になり、勉強させてもらいました。この度それが学会にまで発展したことを、心より祝福いたします。本学会が今後その社会的役割をますます深め、発展されますことを祈念します。

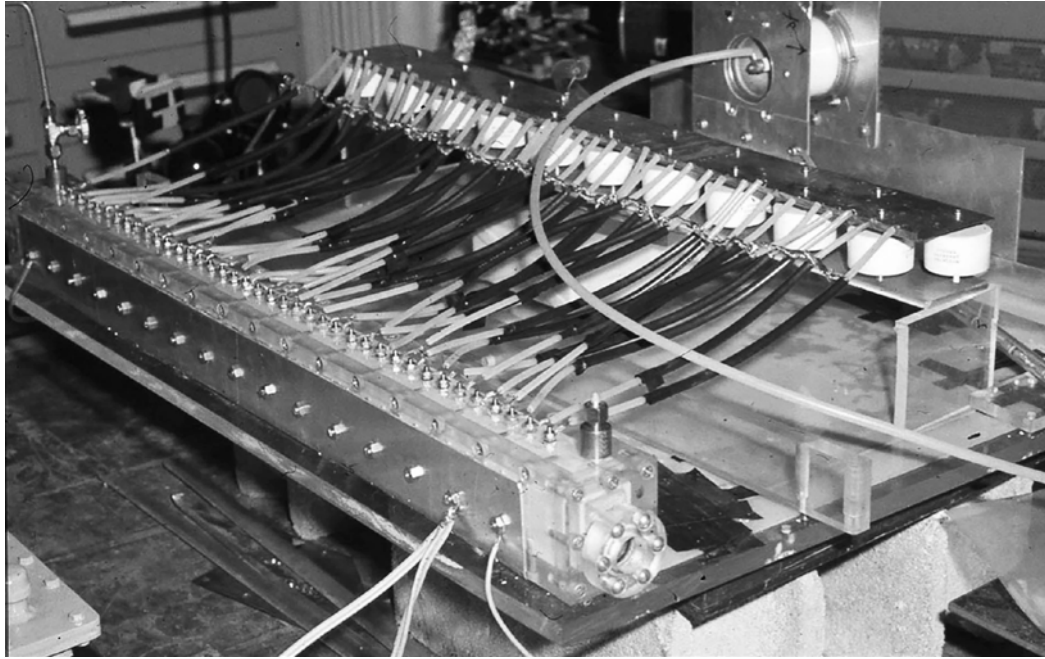


写真-1 最初のエキシマ・オゾン・ライダーに使った私の手作りのXeClレーザー

OSA Sensors and Sensing Congress 2020 参加報告

神慶孝¹, 杉本伸夫¹, 齊藤保典², 椎名達雄³

(¹ 国立環境研究所, ² 信州大学, ³ 千葉大学)

米国光学会（OSA）が主催するOSA Sensors and Sensing Congressが2020年6月22日から26日の間でvirtual eventとして開催された。当初はカナダのバンクーバーで開催される予定だったが、COVID-19の影響を受け、4月上旬頃にオンライン会議に変更された。同コンGRESはOSA会議の中では比較的新しく、昨年カリフォルニアで開催されて以来、2回目の開催である。先進的な光学センサの技術と応用をテーマとしており、関連する複数のTopical meetingが並行して行われた。今回のTopical meetingは、Applied Industrial Spectroscopy (AIS)、Laser Applications to Chemical, Security and Environmental Analysis (LACSEA)、Optical Sensors (SENSORS)、Optics and Photonics for Sensing the Environment (ES)、Propagation Through and Characterization of Atmospheric and Oceanic Phenomena (pcAOP)の5つが並行して開催さ

れた。筆者らが参加したのは主にESで、ライダー関係の他、光コムや赤外分光などの発表があった。同じオンライン会場で開催されたOSA Imaging and Applied Optics Congressと合わせた集計結果だが、口頭発表が634件（招待講演は292件）、ポスター発表が93件だった。また、聴講のみは無料ということもあって、81の国から4,725人も登録者があった。日本の発表者数は35人（Sensors and Sensing Congressは7名）で、その内ライダー関係者は筆者ら4名だった。なお、参加費は、発表者については要旨のpublication feeとして\$100（Invited speakerの場合は無料）で、通常の会議と比べると格安だった。

本コンGRESでは、オンライン会議のプラットフォームとしてZoomが使われた。OSAコンGRES用に図1のZoomの背景画像が用意された。口頭発表の発表方式は、ライブで発表するか、事前に提出した発表ビデオを運

営側で再生するかのいずれかであった。これらは発表者が選択できるが、OSAからはビデオ再生あるいはライブ発表でもバックアップとしてビデオを提出することを推奨された。実際には、ライブでの発表が大多数であったように思う。会議は米国太平洋標準時で進行したことから、アジアからの参加者の多くはビデオ再生による発表だった。発表者は、ビデオ再生方式でも基本的にはオンラインで参加し、発表後の質問に回答した。発表者がオンラインで参加できない場合、質疑応答は各自メールでやり取りをした。聴講者は音声入力が出不来ない設定となっており、質問はZoom内のチャットに書き込まれた。ポスター発表については、Abstractの付録としてポスターのPDFファイルを閲覧できる。また、2日目と4日目にポスターセッションのコアタイムが設けられ、約2分間の紹介動画と質疑応答がライブで行われた。また、別途チャットルームが開かれ、ポスター毎のアカウントにメッセージを送信して議論するという形がとられた。本コンGRESでは、全てのセッションで録画され、オンデマンド視聴のため24時間以内に大会HPのアーカイブにアップロードされた。アーカイブデータはイベント終了後から60日間保存され、登録者のみ常時アクセスできる。レコードアーカイブは字幕付きだが、英語の発音が悪い場合は正しく表示されない。

コンGRES全体のプレナリーセッションでは、二人のスピーカーによる講演があった。一人目はルンド大学のS. Svanbergで、大気環境や生態のモニタリングから、食の安全、生医学的な研究まで、レーザー分光による幅広い研究成果について発表があった。二人目はGEグローバルリサーチのR. Potyrailoで、有毒ガスや可燃性ガスなどを検知するガスセンサの開発の歴史について解説し、現代の高精度・低コスト・省電力・小型で多成分測定が可能なセンサの紹介や、バイオメティクス(生物模倣技術)によるフォトリソグラフィセンサの開発について発表があった。Topical meeting ESでは、Frequency Comb Sensing、Frequency Combs and Hyperspectral Sensing、Monitoring Fugitive Methane、On-chip sensors、Towards Low Cost LIDAR、Wind and Aerosol LIDAR、Atmospheric Scattering: LIDAR and Passive Sensors、Compact Sensors、Sensing in Aqueous Environment、IR Lasers and Sensorsの10のセッションが行われた。ライダー関係のセッションのChairは、Towards Low Cost LIDARではDennis Killinger(サウスフロリダ大学)、Wind and Aerosol LIDARではVasanthi Sivaprakasam(アメリカ海軍調査研究所)、Atmospheric Scattering: LIDAR and Passive Sensors

ではDaniel LeMaster(アメリカ空軍研究所)だった。以下、著者らが興味を持ったセッションおよび研究発表について紹介する。

光コム関連のセッションでは、繰り返し周波数がわずかに異なる2つの光コムを利用したデュアルコム分光法を用いたガス吸収スペクトル測定の研究発表が大部分を占めていた。N. Hoghooghi(コロラド大学、Invited)は中赤外波長域のデュアルコムを利用し、バイオマス燃焼により発生する11種類のガス成分の濃度を測定するシステムについて報告した。T. Wildi(スイス電子工学・マイクロ技術研究センター:CSEM)は、光音響検出器を導入したデュアルコム分光法による高感度・高分解能の赤外吸収スペクトル測定法について報告した。また、T. Voumard(CSEM)は、機械学習アルゴリズムを用いてデュアルコム分光データからガスの成分および濃度を抽出する手法について報告した。

低コストライダーのセッションでは、T. Shiina(千葉大学、Invited)が小型のLEDライダーの開発について紹介し、海上における波の動きと表層大気の観測例について報告した。また、M.-J. Lee(韓国科学技術研究院、Invited)は、自動運転車用のソリッドステートLiDARのCMOSセンサに用いるSingle Photon Avalanche Diodeの開発について報告した。N. Sugimoto(国立環境研究所)は、工場などの室内エアロゾルの分布の計測を目的とする小型スキヤニングUVライダーの開発について発表し、線香の煙のスキヤン測定例を示した。A. Saleh(タンペレ大学)は、近赤外スーパーコンティニュームレーザーを光源として、発電所ボイラー内の水蒸気量と気温を同時に測定する小型ライダーについて報告した。

風・エアロゾルライダーのセッションでは、R. Hardesty(コロラド大学、Invited)が、ドップラー風ライダーについて、計測手法について解説し、1970年代の航空機観測から現代の衛星ADM-Aeolusミッションに至るまでの歴史を紹介した。Y. Jin(国立環境研究所、Invited)は、走査型干渉計を用いた高スペクトル分解ライダー(HSRL)手法について説明し、一つの干渉計でHSRLを多波長化するコンセプトと二波長でのエアロゾル後方散乱係数の測定例について報告した。Y. Saito(信州大学)は、エアロゾルの候補となる61種類の物質について蛍光スペクトルをデータベース化し、実際のレーザー誘起蛍光ライダー観測への応用例について報告した。A. Kabir(バハマ大学)は、CWレーザーとCCDカメラを用いたイメージングライダーによる大気境界

層内のエアロゾルの高度プロファイルの測定について報告した。

大気散乱のセッションでは、J. Show (モンタナ州立大学、Invited) が可視～短波長赤外の全天偏光カメラで測定された大気の偏光度と偏光角、波長特性から雲相を同定する手法について報告した。S. Tucker (ポールエアロスペース、Invited) は、マッハツェンダ型干渉計の片側のアームにダイクロイックミラーを挿入することで波長355 nmと532 nmで異なる光路長差を持つ干渉計を導入し、短い光路長差 (~3.3 cm) ではHSRLとしてエアロゾルの消散係数を、長い光路長差 (~90 cm) では視線方向の風速を測定するライダーシステムについて報告した。

最後に、本コンGRESの所見を述べる。本コンGRESは米国太平洋標準時で進行したが、1日フルで参加する場合、日本では深夜0時から朝10時までの時間帯だった。日本で生活しながらこの時間帯で参加することは体力的に苦しく、通常の海外出張とは違った大変さがあると感じた。また、当日の発表について、事前に提出したビデオを再生する方式は、ライブで発表するよりも準備期間が短く、録画作業は多少面倒ではあるが、一方で

発表当日に自身の発表について考える必要もなく、録画の方が原稿を読みやすいなど、良い点もあると感じた。ポスター発表については、聴講者が自身でポスターを探し、さらに対応するチャットルームにアクセスする必要があったことから、非常にやりにくい印象を受けた。セッションでは、質問も多く、活発な議論がなされていた。会場でマイクを持って質問するよりも、チャットに書き込んで容易に質問できるというのも一因だったと思う。また、本稿をまとめるにあたって、レコードアーカイブを利用して発表ビデオを見直した。常時アクセス出来ることから、細部に渡って発表資料を閲覧できるのは良いと感じた。しかし、まだ論文化していないような結果やアイデアをこのような形で発表することには正直不安があり、データポリシーについてはまだ議論が不足しているように思う。オンライン学会は難しい面もあるが、全体的には予想以上にスムーズに進行していた。今回わずか3ヶ月程度でvirtual eventに切り替えたOSAの運営には拍手を送りたい。今後も暫くはオンライン学会が主流になると思うが、現地に出張し、参加者と直接会って自由に議論できる通常の学会が待ち遠しく感じた。

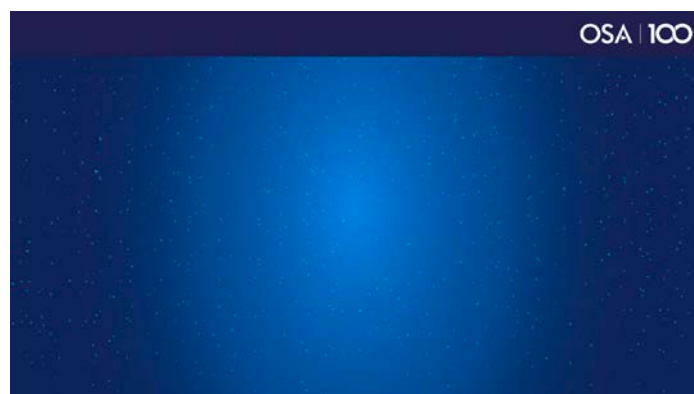


図-1 OSAコンGRES用のZoom背景画像

International Workshop on Vegetation Lidar and Application from Space 2020 参加報告

境澤 大亮
(宇宙航空研究開発機構)

植生ライダーを含む、衛星搭載ライダー（ドップラーライダー、レーザースキャナ、差分吸収ライダー等）に関して発表、議論を行い、衛星搭載ライダーの有用性・有効性、実現に向けて開催された International Workshop on Vegetation Lidar and Application from Space 2020 の概要を報告する。

宇宙からのライダー観測に関するワークショップ

2020年1月27日に千葉大学で開催された。参加人数は60名強のワークショップである。実行委員長の浅井和弘名誉教授（東北工大）の開会挨拶、千葉大学環境リモートセンシングセンター久世宏明センター長（開催時）の基調講演からワークショップが始まった。

ワークショップの口頭発表の前半では植生観測について、Dr. John Armston (University of Maryland)からISSで運用されている植生ライダーGEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation¹)の運用状況、Dr. Izaya Numata (South Dakota State University) からアマゾンの森林状況、今井 (JAXA) から植生観測用レーザ高度計MOLI (Multi-footprint Observation Lidar and Imager)の進捗状況について、それぞれ発表があった。またTFリモセン分科会²の衛星地球観測グランドデザイン³の公募で提案された衛星搭載ライダーのうち水蒸気DIAL、ドップラーライダーとFTS、雲・エアロゾル観測ライダーの各ミッションに関する概要も提案者から発表があった。後半の発表では、国内外のライダー研究、森林研究および実利用の点について発表があった。三菱UFJリサーチ&コンサルティングの佐藤氏から温室効果ガス排出・吸収量算定の側面からライダー観測に期待される内容が、陸域観測技術衛星ALOSに搭載されたパクロマチック立体視センサの観測画像から作成された全球立体地図(AW3D: <https://www.aw3d.jp/>)を活用した事業を展開するNTTデータの筒井氏からレーザ高度計の活用に関する内容について発表があった。印象深いのはコンサルティング会社やIoT事業者などの商業ユーザがデータの付加価値や精度向上にライダーデータの活用を念頭に置いていることであった。

¹ <https://gedi.umd.edu/>

² 地球観測に関する25の学術団体などによる「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会の略称」

³ 現在の地球観測の国内外の動向を考慮しつつ、世界の地球観測ミッションのリスト化・分析を行うとともに、今後の地球観測ミッションについての提案を公募・審査結果とともにまとめた文章

パネルディスカッション「衛星ライダーの効果、期待」

口頭発表、ポスター発表の後に、RESTEC 遠藤氏、国立環境研究所西澤氏がファシリテータを務めてパネルディスカッションが行われた。テーマは、今後の宇宙ライダー実現に向けての意見交換である。大気ライダーに関する意見、高度計・植生観測ライダーに関する意見とカテゴリーを分けて実施された。

大気ライダーに関する意見では、講演であった水蒸気DIAL、雲・エアロゾル観測ライダー、ドップラーライダーミッションの研究報告をもとに実現に向けた取り組みの議論が行われた。まず、世界各国との関係性についてアメリカ Decadal Survey⁴と日本国内のライダー開発計画との関係性を重視する点が挙げられ、同時にライダー実現に必要な要素技術の難易度に沿った開発計画・ロードマップの策定について意見が上がった。

TFの公募に上がったライダーミッションについても、提案総数22件のうち7件がライダーに関連しており、提案者の意見を整理しつつTF、サイエンスの立場としての価値を詰める必要があるとの指摘もあり、レーザセンシング学会からは提案内容を論文のような形式でまとめる予定とのコメントがあった。

大気ライダーの社会貢献への期待として、アクティブデータをデータ同化に用いることが増えており、計測データとして残すだけではなく、数値モデルの再現性を高めるための研究や活動が、社会貢献につながるのではないかとコメントがあった。環境計測用のライダーとして、観測データを利用する側との連携が重要視されている。

高度計・植生ライダーに関する意見として、インベントリやDEMへのライダー利用報告をもとに、新たな森林インベントリ手法への可能性に言及があった。REDD+⁵では、インセンティブを受ける対象となる国にどの程度バイオマスが存在するかが重要な指標となる。REDD+の基準は現地調査に基づいており、現地調査でアクセスできない、かつ信頼性が担保されるバイオマス算定の代替手法として高度計や植生ライダーが利用され、関連事業の拡大が見込めれば、対象企業はライダーに関するデータ要望などを通じて関連ユーザやコミ

⁴ NASA 及び米国国立科学財団、そのほかの米国政府機関向けに作成された全米研究評議会(NRC)の出版物。惑星科学が直面している重要な問題を列挙し、10年後の地球観測及び宇宙探査に関する推奨事項を概説したもの。

⁵ 森林減少・劣化が予想される途上国における温室効果ガス排出量を削減あるいは吸収量を増大させる努力にインセンティブを与える気候変動対策

ユニティの発展が期待される。この場合、例として IPCC におけるリモセンデータ利用でライダーを用いたバイオマス算定の論文が引用されるかが一つのカギになるという意見があった。将来にわたっての要求や要望を広く募集するため、衛星ライダーの学術的評価を高め、国際機関にその有効性を認識してもらい、衛星搭載ライダーの重要性を内外に示すという方針である。

同様に学術的評価を高める活動として、FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)が森林評価を行う場合の考え方である Tier に絡んだ方針も提案があった。Tierは簡易的な算定可能な算定式(Tier1)から、より高度な適用方法(Tier3)まで区分けされている。Tier3で利用されるには、インベントリと同様に査読論文を通じた検証結果や論文として引用され、認知度及び学術的価値が高いと認められることが重要である。

事業者からの意見として、森林下の地盤面形状、DEMを利用する既存ユーザは精度に満足はしていないが、妥協して使用している状況であること、MOLIとしては

レーザのフットプリントの直径が10~20mのサイズであり、同一時期に空間的に複数のデータがあれば事業への適用可能性があることなどの意見が上がった。特にライダー観測は、先行しているほかの衛星搭載センサよりswath方向が狭く、MOLIで施行予定の観測幅をより発展させ、かつ諸外国では実施していないイメージとの同時搭載という点を突き詰めていくことが開発の後押しになるだろうと意見があった。

最後のまとめで、衛星ライダー開発の後押しへの意見として以下が挙げられた。衛星搭載ライダーを用いた既存手法の代替や、モデルへの同化といった学術、事業面での成果を広く公表し、ライダー観測の優位性、有効性を国内外に認めさせること、ユーザコミュニティの発掘やすそ野を広げるために新規参加者が参加障壁を高く感じないようにライダー解析技術の共有や各種データの応用検討などナレッジシェアリングができる仕組みを作るのが今後の課題である。

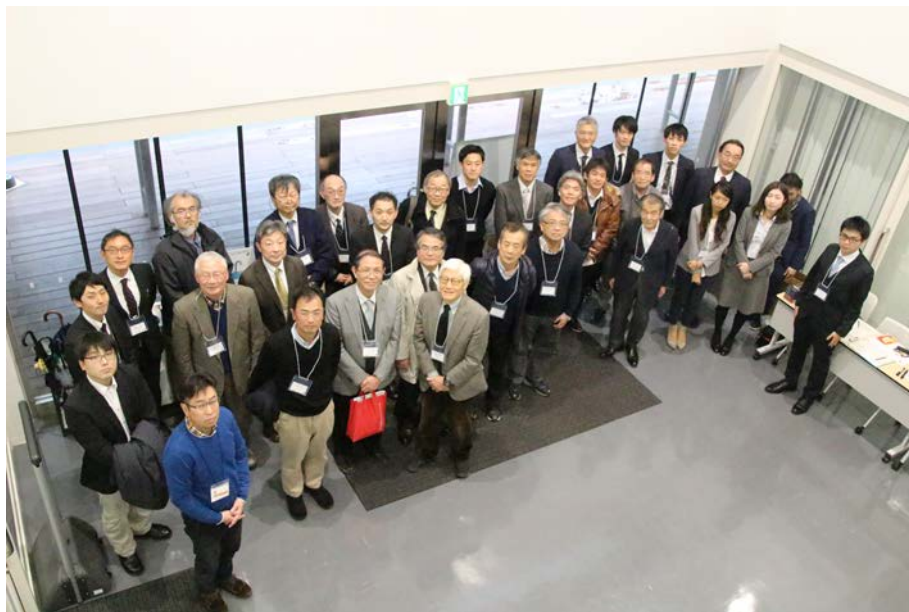


写真-1 WSのグループフォト

イベント・カレンダー

2020年9月3-4日：第38回レーザセンシングシンポジウム（オンライン）

2020年11月1-4日：第148回地球電磁気・地球惑星圏学会 総会および講演会（オンライン）

2020年11月2-6日：Aeolus Cal/Val & Science Workshop (Virtual Workshop)

編集後記

本号では、まず巻頭言として、九州大学名誉教授の前田三男様に、「レーザレーダによる大気計測事始め」をご執筆頂いた。今でこそ、地球環境は大きな社会的問題となっているが、40年以上も前に、手作りのレーザー装置を用いて、世界に先んじて成層圏オゾンの観測に成功されたことは、今日の地球環境の議論を活発化する上で大きな役割を果たしたのではないだろうか。また、国立環境研究所の神慶孝様をはじめとする方々には、OSA Sensors and Sensing Congress 2020 への参加報告をご執筆頂いた。現在、多くの国際会議がオンラインで行われているが、このOSAの会議は、現在のオンライン会議のスタンダードになっているように感じる。新型コロナウイルスが世界的な流行になって間もない6月の時点で、これだけのオンライン会議が実施されたことは驚きである。宇宙航空研究開発機構の境澤様には、International Workshop on Vegetation Lidar and Application from Space 2020 への参加報告をご執筆頂いた。衛星搭載ライダーに関するワークショップであるが、日本初の衛星搭載ライダーの実現を切に望む。最後に、ご執筆頂いた多くの方々に感謝申し上げる。

編集委員長 藤井 隆

発行：レーザセンシング学会編集委員会

(藤井 隆、境澤大亮、柴田泰邦、染川智弘、津田卓雄、朝日一平)

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院工学研究科電気工学専攻気付

レーザセンシング学会編集委員会 藤井 隆

電子メール：fujii@p-front.t.u-tokyo.ac.jp

レーザセンシング学会ホームページ: <http://laser-sensing.jp/>