

The 31st International Laser Radar Conference (ILRC-31) 参加報告

矢吹正教

(京都大学)

(Received January 16, 2024)

第31回レーザレーダ国際会議 (The 31st International Laser Radar Conference, ILRC-31) が、ドイツ・ランツフートにて、2024年6月23日から28日にまでの6日間にかけて行われた。前回の2022年6月のILRC-30がCOVID-19の影響でオンライン形式であったため、対面形式は2019年6月に中国安徽省合肥市で行われたILRC-29以降、5年ぶりの開催となった。また、コヒーレントレーザレーダ国際会議 (CLRC) との初めての合同開催であり、ドイツ航空宇宙センター (German Aerospace Center (DLR)) がホストを務めた。会場はランツフートの駅からバスで約30分の郊外に位置する国際会議場 (ta.la Convention Center) で、広大な敷地に420部屋以上の宿泊施設や約280席の大型レストランが併設され、ILRCとCLRCの両参加者が滞在しても施設内だけで生活がほぼ完結するだけの余裕があり、会議に集中できる環境が整っていた。バスやタクシー以外での移動が難しいため外に出る機会は少なくなるが、会期中には、レーゲンスブルクの街の散策とドナウ川のクルーズバンケットで関係者との親睦を深めるエクスカージョンや、若手交流のためのダブルス卓球トーナメントなどのイベントが企画され、ストレスなく過ごすための工夫がされていた。初日の6月23日は、若手向けのライダーチュートリアルが開かれ、ライダー技術の基礎から応用まで著名な5名の講師によるレクチャーが行われた。夕方には、ウェルカムレセプションが開かれ、翌日(6月

表1 ILRC-31 セッション別の各国の発表件数 (括弧: 口頭発表件数)

セッション*	ドイツ	アメリカ	中国	日本	フランス	イタリア	ギリシャ	韓国	オランダ	スペイン	ルーマニア	その他	小計
J(1)	13(3)	11(5)	2	4(1)	2(1)	2	0	5	0	1	2	4(1)	46(11)
2	11(6)	6(1)	1	3	3	1(1)	4	2	0	5(1)	3	8(1)	47(10)
3	1	3(1)	0	2(1)	0	1	2	0	0	0	0	1	10(2)
4	5(3)	8(3)	8	1	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	23(7)
5	0	1(1)	4(1)	1(1)	2	1	0	0	0	0	0	1(1)	10(4)
J(6)	5(2)	3(2)	5	0	0	2	0	0	1(1)	1	0	1	18(5)
J(7)	7(7)	2(2)	2	1(1)	0	0	0	0	1	0	0	0	13(10)
8	5(2)	3(3)	4(3)	3(1)	3(1)	2(1)	2	0	3(3)	0	0	1	26(14)
9	6(3)	7(3)	3	5	5(2)	1	1	1	2	0	0	0	31(8)
10	2(2)	8(4)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3(1)	15(7)
小計	55(28)	52(25)	30(4)	20(5)	17(5)	10(2)	9	8	7(4)	7(1)	5	19(4)	

*Session

J(1): Joint CLRC/ILRC session: New lidar technologies and methods

2: Lidar measurements of clouds and aerosol

3: Investigation of atmospheric transport and mixing processes in the atmosphere using lidar

4: Lidar measurements in the stratosphere, mesosphere, and thermosphere

5: Lidar techniques and observations related to ocean properties, biosphere, and ecosystems

J(6): Joint CLRC/ILRC session: Flux measurements and boundary layer dynamics

J(7): Joint CLRC/ILRC session: Aeolus + Space systems

8: Current and future space lidar missions

9: Lidar measurements of trace gases

10: Airborne lidar investigations, large scale field experiments, and synergistic use of lidar and other instruments

※ Web未更新のキャンセル分も含む (欠番が確定している発表は除外)

※ 上記発表件数に加えて、基調講演が1件

イギリス[3],

キプロス[3],

フィンランド[3],

台湾[2],

インド[1],

カナダ[1],

スウェーデン[1],

デンマーク[1],

フィリピン[1],

ブルガリア[1],

ポーランド[1],

ポルトガル[1]

24日)より本会議が始まった。開放感のある採光窓を多数備えた体育館がILRCの会場であり、前方に設置した大きなプロジェクタースクリーンで口頭発表を行い、体育館後方にポスター会場が設けられた。

スケジュールやアブストラクトは、紙媒体での配布はなく、参加者限定のweb-based conference app (<https://dlr-events.lineupr.com/ilrc-clrc-2024>)上で検索・閲覧する形で運用された。このアプリに登録されている発表者所属情報を参照して、表1にセッション別・国別の発表件数をまとめた。CLRC/ILRC合同セッションを含むILRC発表件数は、240件(基調講演1件、口頭79件、ポスター161件)となった。前回の対面開催であるILRC-29の280件(口頭86件、ポスター194件)(LRSJニューズレター第3号(2019)参照)と比べると減少しているが、CLRCとのパラレルセッションが行われたことや、ILRC-29で多かった中国(前回82件)・ロシア(同26件)からの参加者減少などが一因と思われる。ILRC-31の国別発表件数は、ドイツ、アメリカ、中国の順に多く、日本は20件(口頭5件、ポスター15件)と4番目でILRCを中心とする日本人の参加者は17名であった。ILRCでは表1に示す全10セッションが行われ、内3セッション(セッションによっては一部)がCLRCとの合同セッションとして開催された。加えて、6月27日にILRCの基調講演が行われ、Max Planck Institute for Meteorology (Germany)所長のBjorn Stevensより、「Coupling water, energy and carbon through circulation — a grand challenge for a new era in climate science」の発表があった。以下、セッションごとの主な概要を紹介する。

セッション1「新しいライダー技術・手法」の招待講演では、Matthew Hayman (NCAR, USA)らが、MicroPulse DIALを用いた水蒸気・気温・エアロゾル後方散乱の同時計測を報告した。著者らが提案するノイズ除去のための信号処理法Poisson Total Variation (PTV)は、気温・水蒸気プロファイルの推定精度を向上させることを示した。続く同グループからの発表であるRobert A. Stillwell (NCAR, USA)らは、レーザーのパルス幅をショットごとに狭いパルス(10~200 ns)と広いパルス(約1 μs)を交互に変更することで、光学系を変更せずに低ゲインおよび高ゲインの計測が可能であることを報告した。CLRC/ILRC合同セッションでは、Alexander Munk (ILT, Germany)らが、ドップラー計測や高層大気の高層原子・イオン計測に有用な近赤外領域の波長可変レーザーであるAlexandriteによる狭帯域、小型、高効率のダイオード励起レーザーの開発について報告した。同グループから関連した発表が数件あり、衛星搭載ドップラー風ライダーAeolusが用いるUV領域への波長変換も可能であることから、高い応用性が期待できる。日本からは、神(環境研)が光学的に厚い雲の計測を対象としたダブルパス・マイケルソン干渉計を用いた高スペクトル分解ライダー(HSRL)について、荻田(四国総研)が共鳴ラマンライダーによる微量有害物質検知について、市川(四国総研)が共鳴ラマンライダーのためのSO₂共鳴励起スペクトルの時間分解測定について、それぞれ報告した。また、川上(スタンレー電気)は、波長265 nmのLEDミニライダーについて発表し、同ポスター会場にて実機によるデモ観測を行い多くの関心を集めた。

セッション2「エアロゾル・雲のライダー計測」の招待講演では、Jens Reichardt (Deutscher Wetterdienst, Germany)らが、蛍光・ラマンライダーによるバイオマス燃焼由来のエアロゾル(BBA)計測について報告した。励起波長355 nmに対するBBAの蛍光スペクトルは、中心波長500~550 nmとするガウス分布を示し、高度とともに長波長にシフトする傾向があり、蛍光スペクトルと特定の燃焼イベントとの関連付けの可能性について示した。もう一件の招待講演では、Matthias Tesche (Leipzig University, Germany)らが、CALIPSO観測から凝結核(CCN)および氷晶核(INP)の濃度を推定するOptical Modelling of CALIPSO Aerosol Microphysics (OMCAM)の紹介と、OMCAMより求めたエアロゾルタイプごとの月平均CCN濃度の全球3次元分布について示し、エアロゾル-雲相互作用の研究への適用例を報告した。また、ルーマニアのNational Institute for R&D for Optoelectronics INOE 2000のグループのNeural Network Aerosol Typing Algorithm Based on Lidar Data (NATALI)を用いた3件の発表をはじめ、他セッションを含めてAIや機械学習を取り入れた研究が少なくとも8件あった。日本からは、柴田(都立大)がパーティクル偏光ライダーによる降水粒子の雨雪判別について報告した。また、杉本(環境研)が東アジアライダーネットワーク(AD-Net)のHSRL・ラマンライダー・ミーライダーを用いたEarthCARE Atmospheric Lidar (ATLID)のJAXA L2aの検証について、Nofel Lagrosas(九州大、椎名(千葉大)代理)が水平ライダーの長期観測に基づくダストを含む地上付近のエアロゾル質量消散係数(Mass Extinction Efficiency)の特徴について、それぞれ報告し

た.

セッション3「ライダーを用いた大気輸送・混合過程の研究」の口頭発表は2件で、Kylie Hoffman (University of Maryland, USA) らが、ライダー・大気放射輝度干渉計 (AERI)・マイクロ波放射計などのリモートセンシング装置を組み合わせた、大気境界層の水蒸気変化と大気安定度の指標となる対流有効位置エネルギー (CAPE) の観測値とモデルシミュレーションのギャップを埋める解析について報告した (「Outstanding student oral presentation」を受賞)。また、柴田 (都立大) は、下部対流圏の気温プロファイルを精度良く求める CO₂-DIAL 手法の特徴について他手法との原理比較を含め報告した。ポスターでは、森林火災やダストのライダーによる観測例が多く報告され、日本からは、清水 (環境研) が地表に到達する黄砂の影響評価について AD-Net により得られた黄砂消散係数の鉛直勾配を用いて議論した。

セッション4「成層圏、中間圏、熱圏のライダー観測」の招待講演では、Sergey Khaykin (LATMOS, France) らが、地上・衛星ライダーを用いて大規模な山火事の発生が成層圏エアロゾルに与える影響について報告した。最大規模の山火事による成層圏エアロゾルに起因した半球規模の擾乱は、中程度の火山噴火による擾乱に匹敵する影響があることを示した。成層圏微量成分観測の発表が5件、超高層の金属原子・イオン観測が7件、気温・風計測が6件あった。また、このセッションのポスターの半数が中国からであり、そのうち3件が Metastable Helium Lidar の発表であった。日本からは、橋本 (電通大) が二波長注入同期・ナノ秒パルス・チタンサファイアレーザーの開発と Ca/Ca⁺層の同時観測例について報告した。

セッション5「海洋、生物圏、生態系に関連するライダー技術と観測」の招待講演では、Jumar Cadondon (De La Salle University Manila, Philippines) らが、光源波長 405 nm の可搬型 LD 蛍光ラマンライダーを開発し、淡水表層水のクロロフィル a のプロファイル計測の検証例を示した。染川 (レーザ総研) は、ラマンライダーによるプラスチックのリモート計測技術について述べ、プラスチック製品の遠隔識別の実験結果について報告した。深刻化する海洋汚染「海洋プラスチック」を対象とした発表は染川氏のみであり、新規性の高い研究内容と考える。このセッションの欧州からの登録は相対的に少なく、また10件の発表全てが、海もしくは水に関係した発表となっていた。

セッション6「フラック観測と境界層のダイナミクス」の CLRC/ILRC 合同セッションの招待講演では、E. W. Eloranta (University of Wisconsin Space Science and Engineering Center, USA) らが、HSRL の仰角走査観測による海洋上の断面観測から、境界層および接地層の精緻な大気構造を捉えられることを報告した。海面からの高さほぼ 0 m から連続的に鉛直構造を定量観測ができるのも特徴の一つである。Johannes Speidel (Karlsruhe Institute of Technology, Germany) らは、新しく開発した ATMONSYS (Atmospheric Monitoring System) DIAL により、10 秒の時間分解能で高度約 3.5 km まで水蒸気を計測し、ドップラーライダーと併用することで水蒸気鉛直フラックスの計測が可能であることを示した。また、水蒸気ライダーのデータ同化検証を目的に、2022 年から 2023 年にかけて地中海西部沿岸に 8 台の水蒸気ラマンライダーを配した Water Vapor Lidar Network Assimilation (WaLiNeAs) campaign に関連した発表が、本セッションを中心に 4 件あった。

セッション7「Aeolus+Space systems」は、全ての発表が CLRC/ILRC 合同セッションとして行われた。Oliver Reitebuch (DLR, Germany) らより Aeolus の成果についての報告があり、関連する衛星および航空機搭載ドップラー風ライダーの成果や計画についての発表があった。招待講演では、Oliver Lux (DLR, Germany) らが Aeolus ミッション中のレーザおよび受信信号の性能について述べ、Remy Chalex (L. Fiedler 代理) (EUMETSAT, Germany) らが Aeolus の後継として EUMETSAT が提案した EPS-Aeolus の現状と今後の計画について紹介した。日本からは、石井 (都立大) が衛星搭載ドップラーライダーのシミュレーターについて報告した。

セッション8「現在および将来の衛星ライダーミッション」の招待講演では、David Winker (NASA, USA)

が2023年に17年間にわたる観測を終了したCALIPSOミッションを振り返った。偏光計測の追加や、地球観測衛星隊列A-trainに参加した経緯など、興味深い話を聞くことができた。2024年5月に打上げられたEarthCARE衛星に搭載されたATLIDに関連した発表が計7件あり、西澤（環境研）がEarthCARE衛星に搭載されたATLIDと多波長イメージャー（MSI）で測定されたデータからエアロゾルと雲の光学特性を推定するアルゴリズムの概要、およびシミュレーションデータによる性能評価について報告した。その他、Weibiao Chen（Chinese Academy of Sciences, China）とJiqiao Liu（Chinese Academy of Sciences, China）から、エアロゾルと気柱量のCO₂を計測するSpaceborne Aerosol and Carbon dioxide Detection Lidar（ACDL）についての報告があった。ドイツDLRとフランスCNESの合同ミッションであるMERLIN（Methane remote sensing LIDAR mission）について、本セッションを中心に約10件の関連した発表があった。Jana Ammersbach（ILT, Germany）らは、MERLINで用いる長光路差分吸収ライダー（IPDA）の光源となる発振器、増幅器、および光パラメトリック発振器（OPO）の開発状況およびその特性について報告した。日本からは、阿保（都立大）が波長1350 nm帯の吸収線を持つOPG/OPA送信機を使用した衛星搭載の水蒸気DIALと、海面直上の水蒸気を測定するIPDA-DIAL法を提案した。また、境澤（JAXA）が国際宇宙ステーションにライダーとイメージャを同時に搭載するMOLI（Multi-sensing Observation Lidar and Imager）ミッションの概要と開発中のレーザー送信機の試験状況について報告した。

セッション9「微量気体のライダー計測」の招待講演では、Thomas Trickl（IMK-IFU, Germany）らが、アルプスのガルミッシュ・パルテンキルヘンでのオゾン・水蒸気・エアロゾルライダーと山岳観測サイトにおける直接観測に基づく成層圏—対流圏輸送などの長期変動特性について報告があった。もう一つの招待講演では、James Kasic（NIST, USA）らが、1.58–1.75 μmのスペクトル範囲におけるオープンパスのデュアルコム分光法を用いたCO₂およびCH₄計測法の概要と、ニューヨーク市マンハッタンでのキロメートル規模（<2.87 km）の計測適用例について報告した。CO₂-DIAL関係では、Fabien Gibert（LMD/IPSL, France）らはCO₂の安定同位体δ¹³Cの変動を測定するDIALの構成を紹介し、Xinqian Guo（Key Laboratory of Atmospheric Optics, China）らがCO₂/CH₄を計測するDIALの提案について報告した。また、阿保（都立大）はDIALにより観測される大気境界層のCO₂濃度増加イベントに着目し、大気輸送・拡散シミュレーションからCO₂局所発生源について議論した。その他、FWHMが約0.15 nmの超狭帯域干渉フィルターを用いたCO₂ラマンライダーの発表が、Marco Di Paolantonio（University of Basilicata, Italy）およびMoritz Schumacher（University of Hohenheim, Germany）からあり、Marco Di Paolantonioは「Outstanding student poster presentation」を受賞した。日本からは、Alifu Xiafukaiti（三菱電機）が波長可変ダイオードレーザー吸収分光法（TDLAS）による水素検出法を紹介し、江藤（電中研）がレーザー伝送光学系と受光系との視野を同一にして、深紫外波長域のラマン散乱光を効率的に計測する光学設計を報告した。また、内保（英弘精機）が水蒸気ラマンライダーとの比較に基づく水蒸気DIALの性能評価について、矢吹（京大）が回転ラマンライダーによる気温計測精度を向上させるための受光光学系の改良について、それぞれ報告した。

セッション10「航空機ライダー、広域フィールド観測、他測定器との相乗利用」の招待講演では、Richard Ferrare（ASA Langley Research Center, USA）らが、3種類の航空機搭載HSRLを用いた大都市圏におけるエアロゾルの鉛直分布移動計測について報告し、航空機観測から求めた地表付近の消散係数とPM_{2.5}濃度に良い相関があることを示した。本セッションは欧州からの登録が大半であり、とくに航空機ライダーに関する発表は観測専用機を有する欧州のグループに限られた。Masanori Saito（University of Wyoming, USA）は、95 GHz帯ライダーと波長355 nmライダーを組み合わせた混合相雲の微物理特性評価について報告した。幾何光学法における非球形粒子の後方散乱特性の理論計算において、コヒーレント後方散乱を考慮する効率的な方法を開発し、精度の高い混合層雲の物理特性推定を可能とした（「Inaba prize」を受賞）。最後は、ILRC委員長のAndreas Fix（DLR, Germany）らによる温室効果ガスの動態理解のための大規模なフィールドキャンペーンCoMet航空ミッションについての報告で締め括った。