

# レーザ・レーダ研究会ニュースレター

第3号 2016年（平成28年）10月発行

## 目次

ライダーで測るモノを考える 岩坂泰信 .....	1
DUST2016 参加報告 清水 厚、甲斐憲次、河合 慶 .....	3
第18回コヒーレントレーザレーダ会議報告 石井昌憲、安藤俊行、今城勝治、伊藤優佑、尾野仁深、 吉川栄一、井之口浜木 .....	5
[若手海外報告] アルゼンチン滞在記：国際共同プロジェクトに参加して 神 慶孝 .....	8
第34回レーザセンシングシンポジウム報告 染川智弘、藤井 隆、齊藤保典 .....	12
レーザ・レーダ研究会運営委員会関連報告 水谷耕平 .....	14

## ライダーで測るモノを考える

岩坂泰信（滋賀県立大学）

レーザ・レーダ研究会の活性化が盛んに議論されているこの時期に、この小文を書くことになったことについて何か常ならぬ感慨を感じる。私が名古屋大学に助手として勤め始めた頃は、ライダーの揺籃期でさまざまな試行が行われていた。ライダーでは「見たいと思っていながら見えなかったものが見える」という。「それは、当たり前」と言ってしまうようなのである。しかし、数あるいろいろな方法の中で、よりによってライダーというのは何故？と改めて問うてみるのも必要では、と最近考えている。

1970-80年代は火山活動が活発な時期で、どこの火山が爆発して噴煙が成層圏まで届いた等のニュースがしばしば新聞やテレビで報道され、それらの報道は決まって火山噴煙の気候影響についてコメントしていた

ものである。

気象学研究室に勤めていた筆者にとっては、見過ごすことのできない事件であり、早々に成層圏の火山性エアロゾルのライダーモニタリングを始めた。この時代、ライダー技術の利用分野としていろいろな分野が議論されていたが、何故か雲や煙（今ではエアロゾル）が多くに関心を集めていた。もしこのとき、「火山噴火によって生じる農業被害の程度や被害額をライダーでモニタリングしたい」などと考えていたら、同じ火山噴火に遭遇したとしてもライダーの発展方向は相当違ったものになっていたかもしれない。

火山による農業被害や被害額をモニタリングするなどというのは一見荒唐無稽のように思われるが、災害の初期には道路も壊れ火災しやすいものは盛んに燃え

上がりヘリコプターやドローンでも現場に近づけない。被害現場に直接足を運べない時には何らかの方法で推定するしかないのであって、ライダー技術で地形や構造物の変形の程度を探り、あるいは被害現場から上がっている煙の量や性質などを探り被害状況を荒っぽいながらも推定することは、防災の初期段階では強く求められる情報であろう。現在ではこれらのことは広角視野のカメラやレーザ距離計を使って行われることが多いように見えるが、決して満足できるレベルではなからう。

いずれにせよ、そのような分野に発展せず、成層圏という通常感覚では行きたいと思っても行けない高度に浮遊する火山灰や火山性硫酸ドロプレットのモニタリングに多くのライダーが使われる事態になった。もちろん、この現象がもたらす結果が気候の変化であったり、航空機の航行に対する危険性の増大であったりするので世界的にも多くのライダーがこの現象を追いかけたのは故のないことではない。しかし、猫も杓子も成層圏を眺め、火山雲がどこまで広がりどのように濃度が減るか？という問題に集中しすぎ、生まれた研究・観測対象を手掛かりにライダー技術の応用先を周辺に広げてゆく努力を怠ったのではないかと今になって思うのである。

その頃から人工衛星にライダーを搭載することがアメリカで検討され始めており、日本の中でもポータブルなライダーが必要だという声は野外調査をもっぱら本職にしているグループを中心に出ていた。しかし、これもまた「ポータブル」の持つ意味をあまり深く考えずに過ごしてしまい今になっているのではなからう

かと反省している。

研究会の皆さんと一杯やりながらおしゃべりしていた時、「せめてアタッシュケースに収まるくらいのシステム（で成層圏エアロゾルをモニタリング出来るもの）がほしいよね」などと言っていたものであるが、今考えると「考えが浅かった」と反省しきりなのである。装置全体をポータブルにするのが当然という考えにあまりにも取りつかれていたように思うのである。何も電源がレーザ発振機の近くになればならぬことでもないし、反射光や散乱光を受け取る光学系がレーザ発信機の近くに置いてある必要もないのである。信号をやり取りする技術や光信号をファイバーを使って送る技術は急速に進歩している。コンピューターはとてつもなく小さくなり加えて信号処理能力は格段に上がっている。ロボット技術の進歩も相当のように見える。

ライダーがこの世に登場した頃のいろいろな提案があったように思われるが、次第に使用用途が固まってきた現在に至っているように感じる。「次第に使用用途が固まってきた」と言うのはそのような使い方が有用であるという分野が存在したという事であって、その分野の成長とともにライダーが珍重されることはあってもライダーの世界に新たな挑戦的な課題を突き付けてくれるという保証はない（そんなことがあるかもしれぬが、常にそうだと思わぬほうが良い）。この点を肝に銘じて、やはり、成功にとらわれず新規の分野探し（いわゆる、ニーズ探し）が一方でなされねばならないのであろう。「老兵は去りゆくのみ」と思うけれど、時に年甲斐もなくこんなことを考えたりするのである。

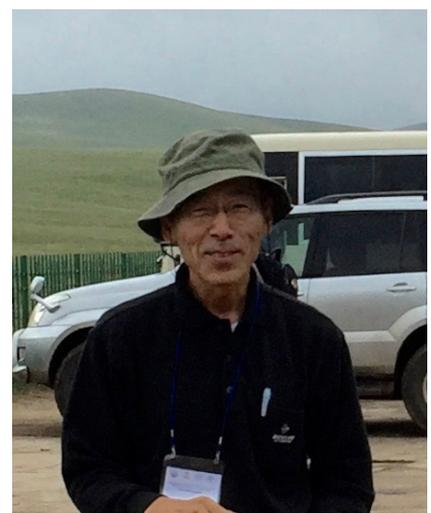
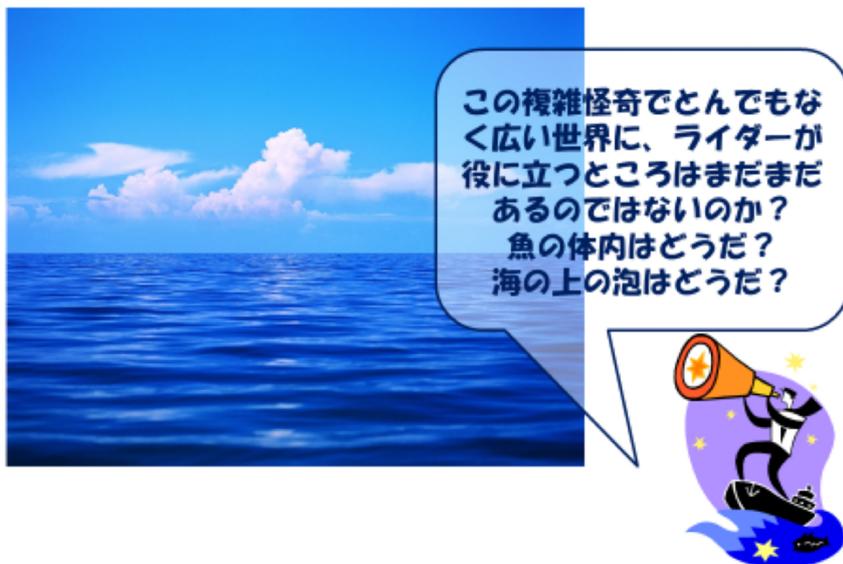


写真 モンゴル・フスタイ国立公園にて

# DUST2016 参加報告

清水 厚<sup>1</sup>、甲斐憲次<sup>2</sup>、河合 慶<sup>2</sup>  
(1 国立環境研究所、2 名古屋大学)

大気中ダストに関する国際会議 DUST2016 (2nd International Conference on ATMOSPHERIC DUST) が、2014 年に開かれた DUST2014 に引き続き、南イタリアの Castellaneta Marina のリゾートホテルにおいて 6 月 12 日から 17 日の日程で開催された。4 日間行われた口頭発表は 2 または 3 会場の平行セッションで、30 分 1 件+15 分 4 件という 90 分セッションが午前午後 2 つずつ開かれ、他に 50 分の基調講演が昼食前に毎日あった。この他ポスター展示も 3 日間行われた。総発表件数は口頭 160、基調 4、ポスター 82 の計 246 である。参加者 227 名中日本からは 9 名が参加したが、他のアジア諸国やアメリカからの参加者は少なく、大部分がドイツ・イタリアを中心とした欧州からの参加であった。会議のトピックは土壌性ダストに限らず、人為性や家畜・室内ダストなど多岐にわたっていた。以下では、レーザ・レーダ研究会に関係が深いライダー観測に関連した発表について報告する。(清水)

## (1) アジアダスト

アジアダストセッションは 6 月 16 日の午前中に開催された。口頭発表は 10 件行われ、そのうちライダー観測に関連した発表は 6 件あった。清水(国立環境研)は国立環境研が東アジアに展開している AD-Net のライダー装置やデータ処理方法、ダストの観測結果や疫学研究への応用、行政へのデータ提供や今後の展望について紹介した。Hofer (TROPOS) は CADEX (Central Asian Dust Experiment) のライダーやサンフォトメーターなどを用いてタジキスタンでのダストイベントの統計解析や事例解析の結果について発表した。Althausen (TROPOS) は CADEX のライダーによって観測されたアジアダストと SAMUM のライダーによって観測されたサハラダストの結果を比較し、前者は後者よりもライダー比が小さいことを示した。Nee (台湾国立中央大) は地上・衛星ライダーや数値モデルを用いて、台湾に飛来したダストの光学特性や輸送経路について発表した。甲斐(名古屋大) はゴビ砂漠に設置したシーロメーターによって観測された二重ダスト層の構造と成因について発表し、現在実施している黄砂と環境レジームシフトに関する研究プロジェクトについて紹介した。河合(名古屋大) はゴビ砂漠のライダーネットワークを用いたダストイ

ベントの解析結果を示し、寒冷前線によるダストの舞い上げについて議論した。関連する発表として、Batbayar (モンゴル気象環境監視庁) は、モンゴル国内に設置された AERONET サンフォトメーターの観測データを取りまとめて、中央アジアにおける AOT の特徴を報告した。Buyantogtoh (モンゴル情報・気象水文環境研究所) は、WRF を用いて、ウランバートルにおけるダストの動態を発表した。(河合、甲斐)

コンビナーの立場から、本セッション提案の経緯を紹介したい。昨年 12 月、独・ライブニッツ対流圏研究所の Althausen 博士から、アジアダストセッションを立ち上げたいとのメールが届いた。同博士の依頼により、蘭州大学の J. Huang 教授と私は共同コンビナーを引き受けた。私は、JSPS 研究拠点形成事業としてモンゴル・中国との共同研究を推進しているので、モンゴルの気象局から Batbayar 部長と Buyantogtoh 研究員の招へいすることにした。彼らの経路はウランバートル=モスクワ=ローマで、両氏と会場でお会いした時は感激した。参加登録の締め切りが近づくと、キャンセルが相次いだ。最初に作成したプログラムは跡かたもなかった。3 人のコンビナーは手分けして、誰が参加可能か、情報交換し、プログラムを再編成した。直前になって、組織委員会から、本セッションのロングトークは日本の研究者にお願いしたいとの要請があり、清水氏を推薦した。(甲斐)

## (2) その他のセッション

サハラダストセッション他でヨーロッパを中心に多数のライダーに関連する発表があった。サハラのセッションで Perrone (Salento 大) は 3 波長のオングストローム指数の関係からエアロゾルの微小粒子割合や有効半径を求める手法を発表した。Gandolfi (L'Aquila 大) は 351nm の消散係数からサハラダストの放射強制力を計算した。Egert (TelAviv 大) はイスラエルのシーロメーター・ネットワークや WRF を用いて中東域のダスト輸送について論じた。Mona (IMAA-CNR) はモデリングのセッションで ACTRIS2 の活動を紹介する中でライダーに関するインフラストラクチャを特に強調していた。ポスターセッションでは、Gobbi (ISAC-CNR) がイタリアにおけるシーロメーターのネットワーク ALICENET

について紹介した他、Ottonelli (ARPA)もイタリア国内のシーロメーターを利用したサハラダストの観測結果を示した。Mona はポスターでも ACTRIS2 の紹介を行うとともに、ACTRIS1 におけるライダー関係の様々な成果を示した。

その他の口頭発表では、Madonna (IMAA-CNR)はライダーによる消散係数プロファイルを放射伝達計算に利用する際の鉛直分解能依存性について論じた。Weinzierl (DLR)はカリブ海に達するサハラダストをターゲットとした SALTRACE について紹介し、地上及び航空機搭載ライダーを含むクロージャ研究の結果を示した。Haarig (TROPOS)は 3 波長の偏光解消度を利用することで消散係数を球形、微小非球形、粗大非球形の 3 成分に分離した結果を示した。Gasteiger (MIM)はサハラダストの輸送中に対流が起きることで粗大成分が沈降しにくいことを偏光解消度の観測結果と理論モデル結果を比較しながら論じた。Thomas (ドイツ気象局)は世界のライダー・シーロメータネットワークを可視化したサイトを紹介し、ダスト研究への活用を訴えた。Madonna はライダーと雲レーダーの同時観測から 5 $\mu\text{m}$  以上の巨大粒子を検出し、雲形成や降水量との関連について示した。全般的に、ヨーロッパではシーロメーターの活用が非常に進んでいるという印象が残った。(清水)

### (3)雑感

今回の会場は 2004 年に IRLC22 が開かれた Matera と同じ地方にあるが、会場は孤立したリゾートホテルで 3 食も全てそこで賄われたため街の様子はエクスカーシ

ョンでしか分からなかった。屋外での紫外線の強さからはエアロゾルや水蒸気の少なさが窺われ、それだけ光学的に薄いものをライダーで計測するために数々の工夫が生まれたのではないかと想像を逞しくしてしまった。(清水)

最も印象に残った発表は、ドイツ気象局の Thomas 氏によるシーロメーター・ネットワークに関する発表であった。組織として、気象業務に生かそうとする熱意が感じられた。5 日間の会議中、参加者はリゾートホテルに宿泊し、3 食共、本館のレストランでとった。夜は 9 時から毎晩、中庭でカクテルパーティが行われた。参加者は、ほんとうに親しくなった。宿泊棟ではインターネットが使用できず、最初は戸惑った。どうも、「リゾートでは仕事をする必要はない」とのイタリア式の配慮のようだ。いろいろな意味で、イタリア人のメンタリティに接するよい機会になった。(甲斐)

昨年の AGU 秋季大会への参加(LSS ニュースレター第 2 号参照)の時と同じく、今回も初めて訪れた国での発表であった。全体的に(国自体も)のんびりした雰囲気、落ち着いて口頭発表を行うことができた。昼食や夕食時にはダスト研究の専門家の方たちとお話しをすることができ、非常に勉強になった。私も含めて学生の参加者が多く(全体の約 20%)、学生間でも交流を深めることができた。このような機会を与えてくださった指導教員の甲斐先生や現地でお世話になったすべての方々

に厚くお礼申し上げたい。(河合)



写真 DUST2016 参加者 (公式 HP <http://www.scientevents.com/dust2016/> から)

# 第 18 回コヒーレントレーザレーダ会議報告

石井昌憲<sup>1</sup>、安藤俊行<sup>2</sup>、今城勝治<sup>2</sup>、伊藤優佑<sup>2</sup>、尾野仁深<sup>2</sup>、  
吉川栄一<sup>3</sup>、井之口浜木<sup>3</sup>

(1 情報通信研究機構、2 三菱電機株式会社、  
3 宇宙航空研究開発機構)

第 18 回コヒーレントレーザレーダ会議 (18<sup>th</sup> Coherent Laser Radar Conference、以下 CLRC) が、NOAA Working Group on Space-Based Lidar Winds との共同開催として、University of Colorado Boulder (米国コロラド州ボルダー市) で 2016 年 6 月 27 日から 7 月 1 日までにかけて開催された。CLRC は、現 Coherent Invest 社の CEO であり、コヒーレントドップラー風ライダーの先駆者である Milton Huffaker ケンタッキー大学名誉博士によって設立され、コヒーレントライダー、ドップラー風ライダー (コヒーレント方式、直接検波方式)、イメージングライダーの最新の研究開発のみならず、部品レベルからの各種基盤研究、最新の信号処理技術や測定技術、そして周辺の応用分野までを網羅し、米国、欧州、そして日本のコヒーレントライダー研究者、関連分野の

研究者や専門家が集い、Novel optical engineering and Technology について意見交換を行うことを目的とする会議である。CLRC はこれまで 2 年毎に開催される会議であり、前回は 2013 年にスペイン・バルセロナで開催され第 18 回は昨年夏の開催予定であった。第 27 回レーザレーダ国際会議の 1 年延期により、本年の開催となった。CLRC は、前々回は 2011 年に米国・ロングビーチ市で開催され、日本では 2005 年に鎌倉で開催された。今回は、2 度目の日本開催として、2016 年 6 月中旬に沖繩で開催が予定されている。

会議には、11 カ国から 123 人が参加し、19 のセッションにおいて 100 件以上 (基調講演 2 件、招待講演 22 件、口頭 48 件、ポスター 30 件) の発表が行われた。



写真 1 第 18 回コヒーレントレーザレーダ会議参加者 (18<sup>th</sup> CLRC HP から)

発表件数は、地元開催ということもあるが、コヒーレントライダーをはじめ関連分野の研究者も多い米国が

らの発表件数が最も多く、その半数以上を占めた。そして、中国、フランス、日本とドイツ、ロシアと続い

た。コヒーレントライダーの分野でも中国研究者による発表件数の躍進が大きいことを印象づけた。日本の参加者は、若手2名が参加するなど4名が参加した三菱電機株式会社が最も多く、続いて、宇宙航空研究開発機構から2名、情報通信研究機構から1名であった。会議は、6月26日のウェルカムレセプションで開幕し、6月27日から Milton Huffaker ケンタッキー大学名誉博士による「コヒーレントドップラー風ライダーの創世記から現在まで」を Key Note として各セッションが開始された。各セッションの予稿と発表資料はインターネット上で公開されており、是非ともご覧いただきたい

(<http://clrcires.colorado.edu/program>)。以下の報告では、18<sup>th</sup> CLRC における研究発表のうち印象に残った発表や興味を持った発表を選んで概要を紹介する。

研究発表は、コヒーレント方式による風ライダー、風力発電のための風ライダー、直接検波方式による風ライダー、大気微量成分モニタリング、Novel センシング技術、レーザ技術、信号理論、固定ターゲットによる測距と速度推定、振動センシング、ホログラフィーによる応用、大気中の伝搬理論、衛星搭載風ライダーミッションのセッションで構成された。また、最終日7月1日午後に、衛星搭載風ライダーに実現に向けたオープンディスカッションの場も設定された。いずれのセッションとも活発な質疑が行われ、充実した5日間となった。

コヒーレント方式による風ライダーのセッションでは、Stephan Rahm (DLR) が DLR において実施した航空機搭載 2 $\mu$ m コヒーレントドップラー風ライダーの観測実験について招待講演を行った。また、Mike Hardesty (NOAA) は地上設置型 2 $\mu$ m コヒーレントドップラー風ライダーを用いて地上装置データとの組合せによる CO<sub>2</sub> フラックス測定実験について招待講演を行った。日本から石井 (NICT) が、衛星搭載ドップラー風ライダーの概要と高出力 Tm,Ho : YLF レーザの開発について報告した。Jean-Pierre Cariou (Leosohere) と Narashimha Prasad (NASA) が最新の 1.5  $\mu$ m コヒーレントドップラー風ライダーの開発について招待講演を行った。Jean-Pierre Cariou は、実用例として、空港周辺における航空機運用への利用について紹介しており、航空機運用にて有用である後方乱気流の検知や渦拡散係数の計測等が実用可能なレベルに近づいていることを示した。一方で、Igor Smalikho は、近年のレーザのハイパワー化に伴う高繰返し化によって、後方乱気流強度の正確な推定について精度が増して来たものの、未だ推定精度の向上の必要性が残されていることを示した。今後

のパルスレーザを用いたドップラー風ライダー性能の高度化によって、その応用の範囲が益々広がると感じられた (所感：吉川)。この他、コヒーレントドップラー風ライダーの応用例として、風力発電のための風ライダーセッションで風力発電付近の風況計測の実例が紹介された。

直接検波方式による風ライダーのセッションでは、Xinhao Chu と John Smith (University of Colorado Boulder) が波長 372nm の紫外域レーザと Mach-Zehnder 干渉計を用いる Na/Fe ドップラー風ライダーによって、中間圏から熱圏金までの風速と気温の同時測定を報告した。

大気微量成分モニタリングのセッションでは、Gary Spiers (JPL) が JPL において研究開発が行われてきた 2 $\mu$ m CW レーザを用いた航空機搭載長光路差分吸収 CO<sub>2</sub> 測定のレビューについて招待講演を行った。また、Robert Menzies (JPL) が同システムの測定最適化と測定精度について招待講演を行った。Upendra Singh (NASA) は、2 $\mu$ m パルスレーザを用いた航空機搭載長光路差分吸収ライダーによる CO<sub>2</sub> と水蒸気同時測定の招待講演を行った。日本から今城 (三菱電機) が、1.5 $\mu$ m CW レーザによるコヒーレント検出による水蒸気同時測定について報告した。Seam Coburn (NIST) が、光コムの特性を活用したメタン計測用 2 波長スペクトロメーターについて講演を行い、大変興味深かった。

Novel センシング技術のセッションでは、Aniceto Belmonte (Technical University of Catalonia) がラゲールガウス光を用いて流れ場中の角運動量をもつ散乱体からの光を検出し流速推定する手法の理論と数値実験の結果について招待講演を行った。Samuel Thurman (LMCTI) が、将来のイメージング光検出器として、最新のリソグラフィ技術を駆使した光集積回路に干渉計を組込んだセグメント型平面光検出器について招待講演を行い、最新の光集積回路の観点から大変興味深かった。また、同セッションでは、安藤、尾野 (三菱電機) が、ゼロダイナミクス技術とコンパクトな 1.5  $\mu$ m コヒーレント風ライダーの最新の研究開発について講演を行った。

レーザ技術のセッションは、2005 年に光コムでノーベル物理学賞を受賞された University of Colorado の John Hall 名誉博士の光周波数制御技術に関する Key Note で始まった。Lombard Laurent (ONERA) は、長距離コヒーレント風ライダーを実現するための 1.5 $\mu$ m レーザの開発について招待講演を行った。Mahmood Bagheri (JPL) は、JPL で研究開発が行われてきた非常に線幅狭い 2 $\mu$ m DFB レーザについて講演した。DFB レーザの長波長化の観点で大変興味深かった。

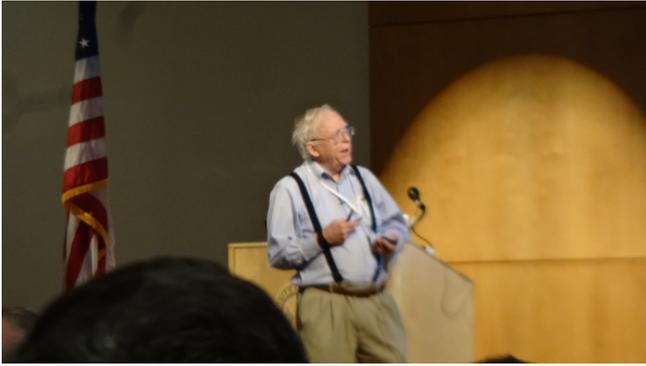


写真2 (左) John Hall 名誉博士による基調講演、(右) 講演会場の様子

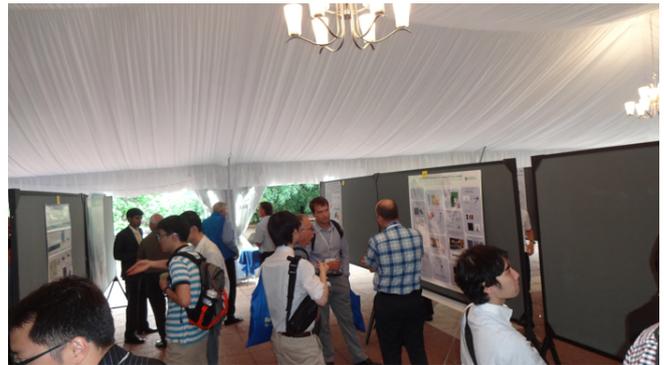


写真3 (左) ポスター会場と (右) ポスターセッション風景

固定ターゲットによる測距と速度推定のセッションでは、Paul McMamon (University of Dayton) が、コヒーレントイメージングライダーのために使用するガイガーモード2次元光検出器、リニアモード InGaAs APD、リニアモード HgCdTe APD についてレビューを行い、レビューに関する招待講演を行った。

振動センシングのセッションでは、Gabriel Lombardi (PCI) は、風洞実験などコヒーレントライダーを用いる遠隔音波計測について講演を行った。Jonathan Fincke (MIT) は、非接触センシングによる医師による診断を実現するために、コヒーレント検出による医療イメージング技術について講演を行った。

ホログラフィーによる応用のセッションでは、Zeb Barber (Montana state university) が、FMCW レーザを用いて超高精度測定法によるイメージング技術による合成開口ライダーについて招待講演を行った。

大気中の伝搬理論のセッションでは、Mark Spencer (AFRL Montana state university) が、強い乱流による大気中の伝搬への影響をモデル化するために行った実験について招待講演を行った。

衛星搭載風ライダーのセッションは、NOAA Working Group on Space-Based Lidar Winds との共催としてセッションが組まれた。衛星搭載風ライダーセッションでは、

Azita Valinia (NASA) が NASA ESTO がとりまとめたライダー技術の概要について、Roland Meynart (ESA) が ADM-Aeolus の現在の開発状況について、Sara Tucker (Ball Aerospace and Technologies Corp) が直接検波方式による衛星搭載風ライダーのミッションコンセプトについて、それぞれ招待講演を行った。Sara Tucker の発表に関連し、Fibertek 社から航空機搭載用・衛星搭載用 UV レーザの最近の開発状況について発表があった。石井(NICT)は、気象研究所・岡本幸三の代理として、日本で検討が進められている超低高度衛星搭載ドップラー風ライダーの疑似風観測シミュレーション結果とその結果を用いた数値天気予報へのインパクト評価の結果を報告した。オープンディスカッションとして、衛星搭載風ライダーの実現に向けて、2017 Decadal Survey、国際協力の在り方と方向性、風ライダー技術の現況、風ライダーの科学的意義について議論が行われた。

この他、Milton Huffaker と Robert Menzies へ、長年の研究活動とライダーコミュニティへの貢献として記念の盾が贈られた。また、両氏にゆかりのある Dennis Killinger、Pierre Flamant、Mike Hardesty、Sammy Henderson 他、たくさんの方からお祝いと感謝のメッセージが両氏へ贈られた。Upendra Singh は ICLAS を代表してお祝いと感謝のメッセージを両氏へ贈った。

## CLRC Advisory Committee の報告 石井昌憲

Advisory Committee に出席し、今後の活動方針、これま

での活動記録を含めたアーカイブデータやホームページの整備、次回・次々回の開催地等について議論した。



写真4 (左上) 懇親会風景、(右上) 永年の研究生活への栄誉を讃え Milton Huffaker 博士と Robert Menzies 博士へ記念の盾が送られた。お二方にお祝いのメッセージを贈られる Dennis Killinger 南フロリダ大学特別名誉教授、(右下) 日本から参加された皆さん (右から伊藤、今城、尾野、石井、井之口、安藤、吉川 (敬称略))



## 若手研究者の海外報告

# アルゼンチン滞在記：国際共同プロジェクトに参加して

神 慶孝 (国立環境研究所 環境計測研究センター 特別研究員)

筆者は、科学技術振興機構(JST)と国際協力機構(JICA)が共同で実施している地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)の研究課題「南米における大気環境リスク管理システムの開発(研究代表者：名古屋大学 水野亮 教授)」に携わっている。SATREPSは、開発途上国のニーズを基に、地球規模課題解決と将来的な社会実装に向けて日本と開発途上国の研究者が共同で行う研究プログラムである。プロジェクトの規模は1課題あたり1億円/年と、かなり大きい。JSTとJICAが共同で実施しているため、科学技術の振興だけでなく、政府開発援助の側面を持つ。国際協力のため、日本側から研究者が短期・長期的に相手国側に派遣され

て技術移転を行う。本プロジェクトは日本、アルゼンチン、チリの3カ国間による共同研究で、オゾン層破壊による紫外線の問題と火山灰などの対流圏エアロゾルの問題について、大気環境のリスク情報を迅速に伝達できるリアルタイム情報管理システムの構築を目指している。

これまでに、筆者は、2015年4-5月と11月の計2回アルゼンチンに滞在し、カウンターパートであるアルゼンチン共和国国防省レーザー応用研究センター(CEILAP)の研究者・博士学生とともに、対流圏エアロゾル観測用の高スペクトル分解ライダーの開発を進めた。南米域では、アマゾンにおけるバイオマス燃焼起

源のエアロゾル、アンデス山脈の火山噴火による火山灰、パタゴニア砂漠からの鉱物ダスト、都市における大気汚染エアロゾルなどが発生している。アルゼンチンではこれら全てのエアロゾルが観測される。特に火山灰の被害は甚大で、南米では数年に1度のペースで火山噴火が発生し人間活動に大きな影響を及ぼしている。2011年のチリ Puyehue-Cordón 火山の噴火の際には、アルゼンチン、チリにおいて大量の降灰があり、農業や家畜に深刻な被害をもたらした。また、火山近くのバリローチェ空港は三ヶ月間も閉鎖された。本プロジェクトは、正確な観測情報によって、このような大気環境リスクの社会的影響を軽減することを目的として、2013年度より5年間の計画で開始された。

本プロジェクトでは、図1に示すようにチリとアルゼンチン両国内の空港を中心に広範囲にわたって、9基のライダーから構成される対流圏エアロゾル観測ネットワークを構築する。この内、6台はアルゼンチン側で開発された多波長ラマンライダーで、アルゼンチンの関連プロジェクトで設置済である。残りの3台は日本側の予算によって設置が進められている（2台は日本の技術移転によって開発される高スペクトル分解ライダー(HSRL)、もう1台はチリのマゼラン大学に設置された多波長ラマンライダー)。各サイトの観測データはデータセンター(国立環境研究所と CEILAP)に転送され、関連諸機関に向けてエアロゾルの分布状況等の情報を配信する。筆者の主な役割は、国立環境研究所で開発された高スペクトル分解ライダー技術のカウンターパートへの技術移転である。

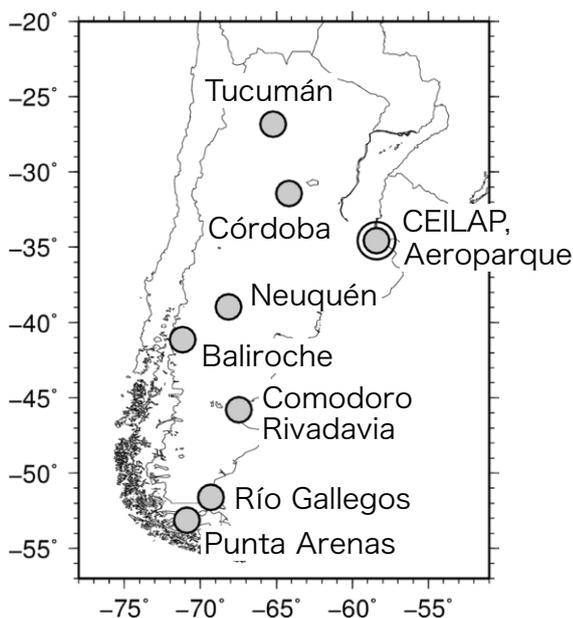


図1 本プロジェクトのライダー観測ネットワーク

高スペクトル分解ライダーは、ドップラー広がりを持つレイリー散乱と、光源とほぼ同じスペクトル幅を持つミー散乱を分光して測定することによって大気分子の散乱プロファイルを測定し、エアロゾルや雲の消散係数を後方散乱係数と独立して導出する手法である。国立環境研では、ヨウ素吸収セルをブロッキングフィルターとして用いた高スペクトル分解ライダーが開発され、自動連続観測が行われている。連続観測を実現するためにはレーザー波長をヨウ素の吸収線に合わせるための制御システムが必須である。アルゼンチンの高スペクトル分解ライダーでは、国立環境研究所の波長制御技術を移転した。

2015年4-5月に CEILAP に訪問した時は、レーザー波長制御システムのインストールが最低限の目標であった。6週間もの滞在期間が与えられていたため、当初の計画ではこの期間中に高スペクトル分解ライダーのプロトタイプを完成させ、試験観測を行う予定であった。ところが、レーザー波長モニター用のヨウ素セルで予想しないトラブルが発生した。予備実験として、現地で調達した単一波長の第二高調波 YAG レーザーを光源として、日本で準備したヨウ素フィルター(真空のガラスセルに固体ヨウ素を封入したもの)の吸収スペクトルを測定したところ、吸収が弱く、スペクトル幅も広く、本来のスペクトルとはかけ離れていた。結局、ガスセルの真空引きが悪く、セル内の空気圧でスペクトルが広がっていたことが判明した。幸い、CEILAP内の化学系の別グループの協力を得て真空引きを再度行い、理論どおりのシャープな吸収線を得ることができた。

ヨウ素セルの修理を終えた時点で、6週間もあった滞在期間の最終週となっていた。それからすぐに波長制御実験を行い、レーザー波長の安定化が達成された。しかし、受信部のヨウ素セルも修復が必要で、細かいマウント類も準備できていなかったため、当初計画していたライダーのプロトタイプの完成は見送られた。6ヶ月後の2回目の滞在時にはライダーが組み立てられ、試験観測を実施し、良好な結果が得られた。このようにして、南米初の高スペクトル分解ライダーが完成した。現在は2台目の製作に取り掛かっており、今年中に完成させる予定である。2台目の高スペクトル分解ライダーは北部のコルドバに設置される。アマゾン地域からのバイオマス燃焼起源のエアロゾルや大気汚染粒子の常時モニタリングが期待される。

滞在期間中、ライダーによるエアロゾルの常時モニタリングの大切さを感じた出来事が起きた。2015年4

月の滞在時の話であるが、研究所での仕事を終えた後ホテルに戻る途中、CEILAPの Pablo Risotri から電話があり、「チリの Calbuco 火山が噴火したぞ!」との知らせであった。前述のように、アルゼンチンではチリの火山噴火は一大事である。火山灰の高度分布の監視が急務となり、それからすぐに24時間体制でのライダー観測が行われた。火山から約100km離れたバリローチェでは非常に強い散乱信号が測定された。また、噴火の2、3日後には約1500km離れた首都ブエノスアイレスでも火山灰が観測された。火山灰の高度分布情報は、気象局を通して関係諸機関に提供され、実際の航空機の離発着の判断に効果的に活用された。ライダー観測の結果が人間活動を左右する例を目の当たりにして、アルゼンチンにおける本プロジェクトの重要性を再認識させられた。

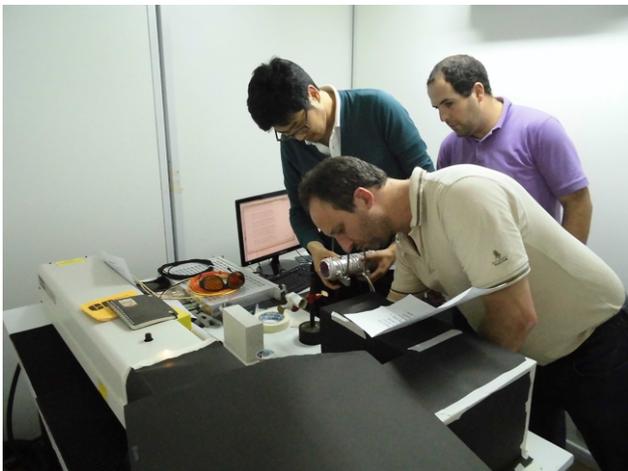


写真1 現地での作業の様子

訪問先であるCEILAPの研究者のレベルは高く、研究開発意欲も高い。様々な研究補助機材を独自に設計製作できる電子・機械工学に精通した技術者やエンジニアが数多くいる。また、大規模な工作室を有しており、ライダー装置の組み立てに必要な細かい部品や骨組みなどの製作が可能である。私の出張は、日本からの技術移転が目的での派遣ではあるが、ハード面での知識が浅い私にとって、逆に自分自身が勉強になった面が多かった。また、英語の勉強にもなった。アルゼンチンはスペイン語圏なので、暮らしの中では英語を使う機会は少ないが、少なくとも研究者同士の議論には英語を使う。自分の英語が伝わらないことも多々あり、未熟さを痛感した。

本プロジェクトを通じて、国際共同研究は若手研究者の育成という観点から大きなメリットがあると感じた。経験の浅い若手にとって、海外の研究機関で見る

もの全てが新鮮で、日本だけでは得られないインスピレーションを与えてくれる。また、相手国機関の良い所、悪い所を見ることになるので、組織のあり方などについても勉強になった。グローバルな課題であるエアロゾル研究は、国際共同研究でしか成し得ないことも多い。ゆくゆくは自ら先頭に立ち、海外の研究者と共同研究プロジェクトを立ち上げたいと強く思うようになった。最後に、CEILAPでお世話になった方々、プロジェクトリーダーとして出張の機会を与えてくださった名古屋大学の水野先生、滞在中に日本からの的確なアドバイスをくださった杉本さん・西澤さん、現地での通訳やアルゼンチンでの生活をサポートしてくださったJICAの三須さんに深く感謝申し上げたい。



写真2 CEILAPでお世話になった方々との記念撮影

## (付録) 第9回ラテンアメリカにおけるライダー観測に関するワークショップ参加報告

本国際共同プロジェクトに関連して、筆者は、2016年7月18日から22日にブラジルのサントスで開催された第9回ラテンアメリカにおけるライダー観測に関するワークショップ(Workshop on Lidar Measurements in Latin America (WLMLA))に参加する機会を得た。このワークショップは、2001年にキューバで初めて開催されて以来、2年毎に開催されてきた。第27回レーザー国際会議(ILRC)が1年ずれて開催された関係で、2015年に続いて今年も開催されることになった。筆者は前回の第8回に続いて2回目の参加となる。今回の参加人数は46人で、参加国はラテンアメリカを中心に12カ国であった。日本からの参加は筆者のみであった。アメリカからはNASAのMicro-Pulse Lidar Network (MPLNET)の2人が、ヨーロッパからは European

Aerosol Research Lidar Network (EARLINET)の数名が参加した。前回のキューバ同様、全員が同じホテルに泊まり、60名ほどが座れるホテルの会議室で発表が行われた。

ワークショップでは、初日から2日間をかけて学生向けのライダースクールが開かれた。発表言語は主にスペイン語であった。ブラジルの公用語はポルトガル語であるが、参加人数の大半がスペイン語圏であるため、ブラジル人もスペイン語で発表を行った。幾つかの発表は、ラテンアメリカ以外の参加者を考慮して英語で行われた。初日は基礎講義で、Henrique Barbosa (University of São Paulo, Brazil)から放射の基礎と弾性散乱ライダーに関する講義が、Juan Calros Antuña Marrero (Institute of Meteorology, Cuba)からはライダーの歴史についての講義があった。また、Juan Luis Guerrero-Rascado (University of Granada, Spain)はライダー品質保証と題する講義を行い、EARLINETの紹介と、どのようにアライメントの正確性を確認するかなどが示された。2日目は応用研究に関する講義で、Lucas Alados Arboledas (University of Granada, Spain)がエアロゾルの気候影響とライダーによる観測研究について講義した他、Elian Wolfran (CEILAP, Argentina)が差分吸収ライダーについて、Pablo Ristori (CEILAP, Argentina)が高スペクトル分解ライダーについて講義を行った。最後に Walter Nakaema (Nuclear and Energy Research Institute, Brazil)が、レーザー計測の応用として、キャビティリングダウン分光法に関する講義を行った。

3日目から5日目までは7つのセッションから構成される研究発表が行われた。ここからは通常国際会議と同様で、全て英語で行われた。口頭発表は24件、ポスター発表は28件であった。セッションのタイトルを以下に示す。

1. Lidar technologies and methods
2. Lidar applications in environmental sciences
3. Synergy between lidar and others instruments
4. Process studies and applications using lidar data
5. Lidar networking
6. Regional and international cooperation in lidar technologies
7. Remote sensing applications

ブラジルの研究機関からは、バイオマス燃焼に関する発表が多かった。Maria Andrade (University of São Paulo, Brazil)は、サンパウロにおけるエアロゾル組成の

観測と、その起源について発表した。Henrique Barbosa (University of São Paulo, Brazil)は、Observations and Modeling of the Green Ocean Amazon (GoAmazon)プロジェクトを紹介し、ブラジル北部のマナウスにおけるバイオマス燃焼エアロゾルの集中観測の結果を示した。Boris Barja (University of São Paulo, 現在は University of Magallanes, Chile)は、同集中観測期間中に観測された巻雲のライダー比の解析を行い、ライダー比が40sr程度になる old clouds の存在の可能性を示した。Fábio Lopes (Nuclear and Energy Research Institute, Brazil)は2015年4月に発生したチリの Calbuco 火山噴火のイベント解析について発表し、アルゼンチンのブエノスアイレス、ブラジルのサンパウロでも火山灰が観測されたことを報告した。Jasper Lewis (NASA, USA)は、MPLNETのVersion 3のプロダクトについて発表し、偏光解消度や消散係数の他に雲相などのプロダクトも予定していることを報告した。Juan Luis Guerrero-Rascado は Latin America Lidar Network (LALINET)の品質保証テストの方法について発表し、ライダーシステムの装置品質がチェックされる前のライダーデータは公表すべきでないとの提案がなされた。Vania Fatima Andrioli (Nuclear and Energy Research Institute, Brazil)は、中国とブラジルの共同により、共鳴散乱ライダーにより中間圏のNa, K層を地球の両側で同時に測定する研究を紹介した。

筆者らは、東アジアのライダーネットワークAD-Netの紹介と現在進行中の研究について報告した。Pablo Ristori は南米初となる高スペクトル分解ライダーの観測報告とデータ解析手法について発表した。また、Calbuco火山噴火の際のライダーデータについても発表し、火山灰層の光学的厚さなどを示した。さらに、JST-JICAの日本・チリ・アルゼンチン3カ国共同プロジェクト(本プロジェクト)についても報告した。聴衆からは、このような共同研究をもっと盛んにすべきだとの意見があった。MPLNETグループのリーダーであるEllsworth J. Weltonは、MPLNETの歴史と、近年開発された新しい偏光MPLについて紹介した。

5日目の午後はツアーが予定されていたが、悪天候のため延期となり、6日目に予定されていたESAとNASAによる発表が行われた。ESAからはGeorge Tzeremes、NASAからはEllsworth J. Weltonが、南米におけるエアロゾル観測への貢献について発表した。ESAが所有するMobileラマンライダーの南米での測定についても検討された。5日目の午後にはLALINETのオープンミーティングが行われた。各サイトの観測状況について説明がなされ、週に2回の観測(EARLINET

プロトコル) が守られているかなどがチェックされた。問題点があれば解決に向けた行動などを各サイトの担当者が説明した。遠隔サイトでの定期的な装置品質テストは難しいとの意見もあった。他にも、データ転送方法に関する議論も行われた。サンパウロ大学のデータセンターにデータが送られるが、アルゼンチンとチリのデータは、現在日本を含む3カ国間共同プロジェクトの関係で各サイトから直接日本にデータが送られている。そのため、日本で集約したデータをまとめてサンパウロ大学に転送することになった。

このワークショップに参加して感じたが、南米のライダーグループはヨーロッパ色が強い。LALINETの観測頻度や品質チェックなどの規定も、基本的にEARLINETに準拠している。これはヨーロッパの研究グループからのサポートが受けやすいことが一つの理由である。また、スペイン語圏であるためスペインと

のパイプが太い。LALINETグループは若手や中堅の研究者も多く発展が期待される。



写真 A-1 口頭発表の様子(発表者は筆者)

## 第34回レーザーセンシングシンポジウム報告

染川智弘<sup>1</sup>、藤井隆<sup>2</sup>、齊藤保典<sup>3</sup>

(1 レーザー技術総合研究所、2 電力中央研究所、3 信州大学学術研究院工学系)

第34回レーザーセンシングシンポジウムは2016年9月8日～9日の二日間、長野県野沢温泉村野沢温泉スパリーナにて開催された。長野県での開催は13年前の戸倉上山田温泉以来3度目である。参加者は123名、このうち発表は87件(特別セッション3件、口頭32件、ポスター52件)で活発な質疑応答が行われた。協賛企業17社に加え信州大学から2件の協賛があった(大学関連協賛は初めて)。廣野賞は吉富泰助氏(JAXA)の「2波長マルチスタティックライダーによるロケット打上時の水ミスト粒径計測」、ベストポスター賞は今城勝治氏(三菱電機株式会社)他6名の「海中3Dイメージング向けTOFレーザーセンサの開発」がそれぞれ選ばれた。シンポジウムでの熱心な議論はもちろん、懇親会と2次会へも多くの参加者があり、地方開催ならではの雰囲気の中に無事終了した。

### 特別セッション

「光センシングへの期待」という3件の報告があった。農研機構の平藤雅之氏は「農業・生物分野からの期待」で、特に大規模圃場ではレーザーやライダーなどのリモートセンシング結果を踏まえた制御が今後必要にな

ることを述べた。信州大学の石澤広明氏は「生体・医工学分野からの期待」で、高齢化社会においてはバイタルサインを計測するウェアラブルスマートテキストイル型ファイバブラッグセンサが必要であることを強調した。e-Gleの清水浩氏は「自動車産業からの期待」で、レーザーセンサによる自動運転を電気自動車で実現することにより、生活や社会構造に大きな変化が生まれることを報告した。

### 一般オーラルセッション

光源のセッションでは、高出力紫外パルスレーザーダイオード、可搬型注入同期チタンサファイアレーザー、2 $\mu$ m Tm, Ho: YLF リングレーザーなど、光源開発の報告があった。それぞれ紫外ライダー、共鳴散乱ライダー、衛星搭載ドップラー風ライダー用の光源に使用される。光センシング(1)のセッションでは、車載用ライダー光源に使用可能な光集積回路スキャン装置、経路分離法とASE光源を用いた水面センシングシステムなどの近距離環境計測と、レーザスペckルを利用した金属表面評価法、磁気 Kerr 効果を利用した光プローブ電流センサ開発、注入型 THz 波パラメトリック発生による遮

蔽物内試薬の分光イメージングなど、工業用計測に関する新技術の報告があった。

光センシング(2)セッションでは、ラマン分光法による応用指紋検出装置や配管内気体の挙動可視化、LIBS によるがいし塩分計測、2f 検波法による H<sub>2</sub>S センサの検討など、安心安全生活の実現に寄与する分光応用計測に関する新技術の報告があった。

大気観測(1)のセッションでは、エアロゾル消散・後方散乱係数を独立に測定する高スペクトル分解ライダー、夜間天候モニタリングシステムでの雲量と星数の指標を用いたデータの新解析法など、新手法・画像技術の報告と、南極中層大気観測に関する話題の提供があった。

大気観測(2)のセッションでは、地上衛星間通信におよぼす大気揺動や 2 波長マルチスタティックライダーによるロケット打ち上げ時に伴う水ミスト粒径計測など、航空宇宙技術の実用化に関する報告があった。また、ヨウ素分子吸収超狭帯域フィルタを用いた高スペクトル分解能ライダー、ゴビ砂漠でのシーロメーター観測、1.6 $\mu$ mDIAL による CO<sub>2</sub> 濃度の鉛直分布連続計測、局地的大雨予測用可搬水蒸気ライダー、1.53 $\mu$ m コヒーレント差分吸収ライダーの回線設計、GOSAT 検証用ライダーの各地での観測結果比較、広帯域赤外 OPO ライダーによる実森林内大気中 CO<sub>2</sub> 濃度計測、偏光ライダーによる大気粒子タイプ解析など、気象に関わる要素計測のための各種ライダーの報告があった。この中で、上述したように、廣野賞が JAXA (国環研/九大応力研共同) の吉富氏に送られた。ロケット打ち上げ時の水ミスト粒径発達過程をライダーで観測することにより、

打ち上げ時轟音低減のための注水設備コストの最適化を狙っている。

風・ドップラーセッションでは、パルスヘテロダイン変調法の風計測ライダー、Tm フィバー励起 2 $\mu$ mHo:YLF レーザドップラーライダーと受信系最適化など、システム要素と動作検証の報告があった。

衛星ライダーセッションでは、国際宇宙ステーション搭載植生ライダー-MOLI、植物蛍光を指標とする航空機搭載蛍光 LIFS 植生ライダー、衛星コヒーレントドップラー風ライダー用 2 $\mu$ m 帯基盤技術開発とシミュレーション実験など、将来の衛星観測を目指した報告があった。

#### ポスターセッション

ポスターセッションは例年の初日の夕方ではなく、2 日目の昼に開催された。軽食としてサンドイッチが準備され、昼食を取りながら 52 件のポスター発表が行われた。光源に関する発表が 3 件、光センシングが 16 件、大気観測が 24 件、水域観測が 5 件、植生観測が 4 件あった。報告件数が多いため個別の紹介は行わないが、口頭発表では従来の大気観測の報告が主であったのに対し、ポスター発表では水域観測や植生観測に関する報告が増え、新たなレーザセンシング技術の応用展開が発表され始めている。ベストポスター賞は上述したように、三菱電機/三菱電機特機/JAMSTEC グループの今城氏による「海中 3D イメージング向け TOF レーザセンサの開発」が選ばれた。海中の透過率が高い波長 532nm のレーザーを用いて、石垣島の海底面の詳細な撮像が可能であるという内容であった。



写真 第 34 回レーザセンシングシンポジウム参加者

# レーザ・レーダ研究会運営委員会関連報告

水谷耕平（情報通信研究機構）

## 2016年4月28日 レーザ・レーダ研究会 活性化委員会 幹事会

### 役割、位置づけなど

- ・運営委員会では議論できなかった活性化についての議論を人数を絞って年4回程度の頻度で行う。
- ・これまでの4つの活性化委員会をまとめる組織として、議論の結果を他の委員会にフィードバックさせて有機的に相互に支援を行う。

### 報告・議論

- ・企画委員会より第34回シンポジウム準備、若手育成について報告・議論
- ・編集委員会よりニュースレター及び研究資料の蓄積について報告・議論
- ・調査委員会より産学連携ニーズ／シーズの調査現状報告・戦略的研究テーマ議論
- ・庶務委員会より運営委員会のメンバーの見直しと庶務委員財務強化について報告・議論

## 2016年7月1日 レーザ・レーダ研究会 活性化委員会 幹事会

- ・SPIE レビュー論文（日本のライダー研究 小林）について意見交換
- ・企画委員会より LSS34 の準備状況について報告
- ・編集委員会よりトピック本、ニュースレター、シンポジウム企画等について報告・議論
- ・調査委員会より調査報告の現状について報告

- ・庶務委員会よりメーリングリスト更新、会員名簿について報告・議論

## 2016年8月4日 運営委員会

- ・運営委員会委員の変更
- ・第34回レーザセンシングシンポジウムプログラム検討。発表申し込み87件、口頭発表12分+質問2分、賞の選考委員長 酒井。
- ・編集委員会よりニュースレター、本、シンポジウム企画等報告。
- ・調査委員会より調査スケジュール等報告。10月に取りまとめ。
- ・庶務委員会よりメーリングリスト更新、会員名簿等について報告。
- ・企画委員会より今年のLSSについて報告。初日午前中に企画委員会。次年度LSSの方針。ILRC日本開催2021年立候補等について報告。

## 2016年9月9日 運営委員会（LSS 2日目午前セッション開始前）

- ・第34回レーザセンシングシンポジウムについて報告参加者（123名）発表87件、次回候補地 東京 NICT（石井）。
- ・ILRC日本開催2021年以降を目指して（21年、23年）
- ・任期等について明確化して欲しい等要望。

## 第28回レーザレーダ国際会議 (ILRC28) のお知らせ

ILRC28が2017年6月25-30日にルーマニア、ブカレストで開催されます。500字アブストラクト提出が2016年12月1日、4ページ予稿提出が2017年1月1日となっています。詳細は、<http://ilrc28.inoe.ro>をご覧ください。

発行: レーザ・レーダ研究会編集委員会

(杉本伸夫、清水厚、染川智弘、藤井隆、柴田隆、佐藤篤、神慶孝)

連絡先: 〒305-8506 つくば市小野川16-2 国立環境研究所環境計測研究センター気付

レーザ・レーダ研究会編集委員会 杉本伸夫

電話: 029-850-2459、電子メール: nsugimot@nies.go.jp

レーザ・レーダ研究会ホームページ: <http://laser-sensing.jp>