

「下流側」からライダー研究を考える

甲斐 憲次

名古屋大学名誉教授, 名古屋大学大学院環境学研究所 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

Lidar research from the viewpoint of a downstream researcher

Kenji Kai

*Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University,
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601*

(Received February 13, 2024)

I review the lidar research from the view point of a downstream researcher.

キーワード：ライダー研究, 国際レーザーレーダー会議, レーザセンシングシンポジウム

Key Words: Lidar research, International Laser Radar Conference, Laser Sensing Symposium

私は、学位取得後、気象庁（5年）、筑波大学（12年）、名古屋大学（21年）、茨城大学（3年）で気象と大気環境の教育・研究・行政に携わってきた。40年間、いつもライダー研究との関りがあった¹⁾。ライダー研究は、ライダーそのものを開発する「上流側」の研究と、ライダーから得られるデータを利用する「下流側」の研究に分けることができる。私は下流側の研究者の立場から、いままで関わってきたライダー研究を述べたい。

私は大学院の頃（1970年代後半）、大気乱流の研究に没頭していた。超音波風速温度計を用いて大気中の乱流を観測し、ひたすらスペクトル解析をした。まったくでたらめに見える乱流も、そのスペクトルの高周波側はコロモゴルフの $-5/3$ 則に従う。この法則（局所等方性乱流）が乱流解析の基準となる。乱流研究者は、だれもがこの美しい法則に心を動かされる。私は研究の世界に入り、1981年理学博士を取得した。

筑波大学に3年勤務した後、1984年、気象庁観測部産業気象課に出向した。所掌業務は、国内外の農業気象災害の監視である。係長と二人で、世界の主要農産地、すなわち南北アメリカ・オーストラリア・アジア・ソ連・アフリカおよび日本の気候データを分析し、農業気象災害を調べた。気象庁のルーチン業務にも慣れた。研究職に興味があるものの、チームワークでやる仕事の面白さも感じ始めていた。

本庁勤務2年目のある日、気象研究所気象衛星観測研究部の部長さんから電話があり、「気象研究所でライダーの研究をやりませんか」とお誘いをいただいた。「ライダーは何かわかりませんが、私の研究歴でライダー研究ができるならば、ぜひ、筑波の研究所に移りたいです」と私は二つ返事で快諾した。部長さんは、「甲斐さんはまだ若いので（当時33歳）、ライダー研究への転向は大丈夫ですよ。本格的な研究は、内野修さんがNASAラングレー研究所から帰国する1年後になります」との言葉を頂いた。

1986年4月、筑波の気象研究所に転勤した。これが私のライダーとの関りの始まりだ。内野さんが帰国するまでの1年間は、大学院時代に戻ったように、ライダー関連分野の勉強をした。具体的な研究業務はなく、ひたすら勉強する毎日だった。勉強ばかりしていて、給料がいただけるのは、不思議な気がした。

一方、隣の国立環境研究所では、竹内延夫・清水浩・笹野泰弘・杉本伸夫・松井一郎・林田佐智子ら（敬称略）一流の研究者を中心に、ライダー研究グループが形成されつつあった。当時は、大気汚染の深刻化を背景に、レーザー技術を用いた大気汚染物質の遠隔計測法を開発するという夢があった。バブル前の好景気に沸き、筑波研究学園都市の研究機関にも潤沢な研究資金があった。国研や大学で大型ライダーの開発計画

が持ち上がると、日本を代表する大企業（東芝、日立、NEC、IHI など）が入札に参加していた。バブル期以降は、潮が引くように、多くの企業がライダー開発から撤退した。ライダー装置は研究用が主で、多くの需要が見込めなかったのだろう。結局のところ、製品化され普及した大気計測ライダーは、空港に設置されているドップラーライダーと雲底計（シーロメーター）であろうか。このほか、NASA とシグマスペース社が共同で開発したマイクロパルスライダーや、最近製品化されたヴァイサラ社の水蒸気ライダーなどがある。

1987年、NASA ラングレー研究所から内野さんが戻り、本格的なライダー研究が始まった。すでにルビーライダーのデータが蓄積されていたので、3名の研究員でそれぞれ成層圏エアロゾル、雲、黄砂の研究が始まった。私は黄砂を担当した¹⁾。翌年、オゾンライダーの大型予算がつき、本格的なライダー研究が始まった。

内野さんのアドバイスを受けながら、ライダーデータの解析プログラムを作り作図した。空がきれいな冬の晴天日のデータは、散乱比が上空できれいな高度分布（レイリー散乱）をする。レッドパーパーで海外の火山噴火が報告されると、成層圏にスパイク状のピークが現れる。データの時系列をじっくりみると、火山灰がゆっくりと拡散しながら重力落下する様子が見える。面白さを感じた。レイリー散乱のプロファイルと比較することにより、ライダーの散乱データが基準化される。それは、若い頃みたコロモゴルフの5/3則のような感じがした（個人的な印象である）。

1988年の始め、私はAMSの雑誌で、第14回国際レーザーレーダー会議（ILRC14）がイタリアで開催されることを知った。旅費の目途は立たなかったが、私と内野さんとはとにかく、私費でILRC14に参加することを決めた。初めての海外旅行である。海外で英語が通じるだろうかと不安が付きまとった。十分な旅費がなかったので、イタリアへの旅行は、格安航空（当時）のシンガポール航空を利用して、南回りでイタリアに向かった。なんと23時間もかかった。最初の英語ショックは、機内であった。スチュワーデスにコーヒーを注文すると、なんと紅茶が出てきた。Coffeeの発音は意外と難しい。英語では、「カフィー」と発音しなければならない。騒音のある機内で日本式に単調に「コーヒー」と発音すると、通じなかった。

国際レーザーレーダー会議（ILRC14）は、1988年6月20-24日、美しい北イタリアのリゾート Innichen-San Candido で開催された。ILRC14では、国際会議の楽しさを味わうことができた。参加者は、最先端の研究をしていると言う高揚感があった。最新の研究成果を聞くのは楽しかった。世界の各国にこれほど多くの研究者がライダー研究をしているのか。現地では、日本人研究者の団結力を感じた。私は準備した英語を話したが、相手の質問がよく分からないことが多かった。そんな時、小林喬郎先生が助っ人に入れ、何度も救われた。夕方からワインを飲みながら、ポスターセッションが始まった。アルコールのおかげで、質問と応答は比較的滑らかだった。こんな粋なやり方があるものかと感心した。1970年代、イタリア経済の落ち込みが盛んに日本でも報道されていたが、リゾート施設の豊かさは日本とは比較ならないくらい良かった。6月は天候もよく、June Brideの意味がよく分かった。アルプスのふもとにある美しいリゾートにいて、研究の感覚が研ぎ澄まされるように感じた。

私の発表は、なんと最終日6月24日の最終発表であった。毎晩ホテルで練習したお陰で、発表原稿を丸暗記できた。恥ずかしながら、この最初の国際会議での発表が、私の研究歴の中で最も良かったように思う。黄砂の発生と輸送に関して、アメリカ、ドイツ、ロシアなどの研究者と話をすることができたのは幸いであった。研究費があり、研究成果があがっているときは、万難を排して参加すべきシンポジウムの一つだと思う。

国際レーザーレーダー会議（ILRC14）が豊かなのは、NASAの強力なサポートがあるように感じた。参加者は、新しいことに挑戦するNASAの姿、そして潤沢な資金にひかれたと思う。NASAは、将来のスペースライダー計画に向け、研究のすそ野を広げる活動にも注力していた。CALIPSOが成功したのはいくつかの奇跡が連続したことにあるが（A.H. Omar氏の私信）、技術的な成功のほか、ソフト的な成功があげられる。その一つがデータを適切に公開して、研究のすそ野を広げたことだろう。スペースライダーの開発という「上流側」の研究ほか、ライダーデータの利用という「下流側」の研究にも十分な予算が用意されていた。その結果、CALIPSOデータを利用する研究コミュニティが形成された。ライダーデータの利用という視点は、日本と欧州が協力して開発を進める地球観測衛星EarthCARE（Earth Cloud Aerosol and Radiation Explorer）でも極めて重要である²⁾。

このように、国際レーザーレーダー会議 (ILRC14) は、私がライダー研究を続ける切っ掛けとなった。もう一つは、レーザセンシングシンポジウム (LSS) である。LSS は、日本版 ILRC とも言える。異分野の企業、国立研究機関、大学の研究者が一堂に会する、コンパクトな集まりである。LSS は最初の頃、温泉で開催された。昼間の研究会の後は、「古き良き」大宴会が行われた。私は、「LSS は温泉で開催すべきである」との考えである (個人的な見解である)。昼間の研究会では聞けなかったことが、宴会場で聞けることがある。論文で名前だけ知っている研究者とじかに話をすると、論文のポイントがよく分かる。また、研究の姿勢やポリシーなども伺うことができる。共同研究には必須の情報である。

国際サッカー連盟 FIFA は、4 年に一度、ワールドカップを主催する。1 年に一度、レーザセンシングシンポジウムを主催するレーザセンシング学会 (LRSJ) は、FIFA と似ているなど思うことがある。経験則であるが、100 人くらいの規模だと研究者の顔と名前が一致し、また方向性も一致して、学会活動がアクティブになる。LRSJ はいま曲がり角を迎えているように思う。LRSJ は、本格的な学会を目指すのか、あるいは FIFA のように、1 年 1 回のシンポジウムを開催する研究会として存続するか。現在、LRSJ はニューズレター、電子ジャーナルなどを発行し、学会の形式を整えつつある。

私がベースとする学会は気象学会で、そのほか、地理学会、沙漠学会、エアロゾル学会なども所屬している。伝統のある学会はそれなりの良さがあるが、参加者が固定化して、伝統ゆえ大胆な取組みは難しい感じがする。一方、レーザセンシング学会 (LRSJ) は、常に異分野との交流があり、新しい装置や手法の情報が得られる。また、国際レーザーレーダー会議 (ILRC) の遺伝子ともいえる明るさと国際性・先進性が LRSJ にもある。このようなメリットを生かしつつ、LRSJ がますます発展することを祈念する。

引用文献

- 1) 甲斐憲次, “アジアダストのライダー観測,”レーザセンシング学会誌, **1** (1), 29-42 (2020).
- 2) 杉本伸夫, “巻頭言 ライダー観測とデータ利用,”レーザセンシング学会誌, **4** (1), 2-4 (2023).