

「レーザセンシングする」を考えてみる

岩坂 泰信

一般社団法人環境創造研究センター (〒461-0005 名古屋市東区東桜 2-4-1)

Consider the Target of Laser Sensing

Yasunobu IWASAKA

Center for Environmental Creative Studies, 2-4-1, Higasisakura, Higasiku, Nagoya, 461-0005

(Received December 17, 2019)

Atmospheric researches using Lidar engineering have been making lots of interesting and important contributions on meteorology and climate research, and we are from now asked to monitor more complicated space such as indoor environment, air of inside of natural forest and so on with the Lidar technique.

レーザに関する基礎的な理論が1940年代から急速に体系化され、1950年代には爆発的に関連の実験が増えてきた。これらの研究では旧ソヴィエト連邦の研究者によるものも多く、1960年代に入ると、大学では、理科系の学生はロシア語も勉強せねばならぬといった風潮さえ生まれていた。1964年「量子エレクトロニクスの分野に基本的な貢献をし、メーザ、レーザの原理に基づく発振器と増幅器を実現した」として、タウンズ、バソフ、プロホロフ (C.T. Townes, N.G. Basov, A.M. Prokhorov) にノーベル物理学賞が授与された。

このノーベル賞の受賞に先立つ1963年、フィヨッコとスムリン (G. Fiocco, L.D. Smullin) がネイチャー誌にライダーによる大気計測を試みた結果を発表しているのである。そして、コリス (R.T.H. Collis) が雲をターゲットにライダー観測を始めており、1965年に科学誌サイエンスに結果の一部を紹介している。この頃から、ライダーによる大気計測が世界のあちこちで試み始められる。私が大学院での修業を終え、名古屋大学の磯野教授 (故人) の研究室の助手になって大気の勉強を始めた頃はそんな時代であった。1972年には日本でレーザーダ研究会が発足した。

大気中にレーザパルスを射出してみると、いろいろなものから散乱光がやってくる。いろいろなものを書いたが、そのほとんどは正体が不明である。この状況は今でも変わらない。

正体がある程度解っている大気中のものの代表は雲であろう。私が所属した磯野研究室は降水の研究をしており、雲や降水を調べる上で、ライダーによる雲観測は、研究を大きく進歩させるのではなかろうかと思われていた。新米助手の仕事の一つとして、「ライダーを作ってみよ」と言うことになり、ライダーの勉強を始めた。

東北大学の稲葉文男 (故人) 教授を招いて講義を受けたり、九州大学の広野求和 (故人) 教授に気象学会や地球電磁気学会の場でいろいろ教わったりしながらライダー作りが始まった。当時、広野研究室の助手だった藤原玄夫 (その後、九州大学から福岡大学に移られ、福岡大学をライダーの有力な拠点にされた) には、細かい技術的なことの相談にも乗ってもらいながらの作業が続いた。

1970年代、80年代はライダーで大気計測をしている者にとって、不思議で幸運な時であった。大きな火山噴火が待っていたかのように起きたのである。1974年10月にグアテマラのフエゴ山 (Fuego Mountain) が大噴火をおこし成層圏まで大量の火山灰を噴き上げたのである。こう書くとなんでもないようだが、成層圏まで本当に吹き上がっているのか？ がそもそも知りたいところなのである。そして、火山噴煙がどのように成層圏を移動するのかについては、いろいろな分野で関心もたれていた。

「火山噴火によって大気中に撒き散らされた火山灰が気候の変化を引き起こすことがあるのか？」と

「レーザセンシングする」を考えてみる (岩坂 泰信)

いう間は、現在でも吟味すべき多様な側面を持つ問いである。長期にわたって地球規模の気象に影響を与えるような噴火については、噴煙が成層圏まで達していることがポイントの一つと考えられている。対流圏にとどまっているとなると、降水によって比較的早く大気圏から洗い流されてしまい地球規模の気象変化につながりにくいという訳だ。

気象学で成層圏がクローズアップされるようになったのは1970年代である。とりわけ我が国では、大気力学の伝統があり1960年代の中頃から成層圏の大気の動きに強い関心がもたれるようになっていた。成層圏に吹き込まれた火山灰は、成層圏の大気運動に応じた動きをするであろうから、火山灰の動きを詳細に観察すれば、成層圏の大気力学にとって価値ある情報が得られると思われた。

しかし、完成度の高い既存の学術集団が求める情報を簡単に提出できたわけではない。当時のライダー観測は、極めて初歩的な荒っぽいものであった。

ただ、そうは言っても、ライダーがキャッチした火山噴煙の動きは、気象の研究者に成層圏や大気中のダスト等に関心を向けさせる大きな切っ掛けになったと思われる。

ライダーの観測によれば、成層圏高度に吹き上げられた火山灰はおおよそ15 kmから20 km高度に分布し、火山灰の塊とでも言うべきものは、噴火直後は東西方向に相当の速さで拡散し10日から2週間ほどで地球を一周しているように推定された。この種の情報は、アメリカのNASAの研究グループと並んで、日本のライダーグループが盛んに発信しており、世界的に見ても日本の活躍は充分自慢されてよいものだった。ただその頃から、NASAは人工衛星による観測を構想しており、日本のライダー研究グループはまだそこまで構想する力が無かった(もちろん、口では「これからは人工衛星に搭載するライダーを」とは言うものの、それで終わってしまった)。

火山噴火による地球規模変動の代表例と考えられているものは、古生代末から中生代に代わる約2億5000万年前の地球上に生じた大変動(生物の大量絶滅、海洋の無酸素状態、等が起きている)である。こういった方面の研究者も、ライダーの観測結果に関心を寄せてた。

NASAは、1979年にSAGEという人工衛星を使った成層圏探査計画を打ち出し、日本のライダーグループはこの衛星観測の地上検証実験(Ground Truth)に参加するようになる。

火山噴火直後に成層圏に入ってしまった噴煙が含ん

でいるものは、火山灰ばかりではない。さまざまなガスがある。そのようなガスと火山灰はどんな関係にあるのかについては、いまだ明らかにはなっていないが、その関係性を示唆する観測結果をもたらしたのは、ライダー観測なのである。

ライダーの観測からは、噴火後に急速に濃度の上昇が見られるが、その途中から偏光消度が低下し始めるのである。詳細は解らぬものの、水蒸気から水滴への変換が起きていることや、その変換過程が噴煙中の極めて小さい火山灰粒子を核として生じていること、さらには、ある程度大きさが計測できる程度の粒子の表面でガスから溶液への変換が起きていることもあろうと推定されている。噴煙に含まれている水蒸気が成層圏で水滴に変わり、初期の噴煙の粒子濃度を増加させていると思われる。水滴に変換される過程では、水蒸気以外の硫黄酸化物や窒素酸化物も何らかの関与をしているであろう。

このような結果は、日本のライダーグループの大きな成果であるとともに、それ以上に、エアロゾルの見方について従来の見方を変えよという強いメッセージを出していたと思われてならない。

多くの分野では、大気中に放出された粒子状の物質については、粒子同志の衝突や併合は強く意識されていたが、粒子が周辺気体と反応(化学反応にとどまらず粒子自身の変質なども含む)する可能性については極めて鈍感であった。

このようにして、大気エアロゾルを見る視点は、「浮かんでいる微小な物質」から「反応・変質しながら浮かんでいる微小な物質」へと大きく変わっていったのである。手の届かない遠い所を浮遊している大気エアロゾルをリモートセンシングする時、単に「○○ km 上空を拡散しています」だけでなく「○○ km 上空を××反応しながら拡散しています」のようにそこで何をしているのかを知ることが求められる時代に入って来たと言えよう。

おそらくレーザセンシングの対象物は、多くの場合直接手に取り観察できない物が多いだろう。手に取って試みることが出来ない物について「どこにあるのか」に加えて、「どんな状態なのか」を知る必要性は、極めて広い分野で生じているに違いない。そして、それらの疑問の先にある「どうしてそんな状態なのか」や「どうしてそこにあるのか」などの新たに生まれてくる問いに応える必要性も生まれて来よう。それをレーザセンシング出来るか? というのが、我々に新たに投げられた宿題でもあろう。

私のつたない研究を手がかりに、大気エアロゾルとりわけ成層圏エアロゾルを例にレーザセンシングする意味や貢献について考えてみたが、レーザセン

シングが求められている分野は極めて広いのではないだろうか。分野によってその学術進展の程度に違いはあると思うが、レーザセンシングする対象を気体中に浮遊する微小物質（エアロゾル）に限ったとしても極めて多い。

例えば、各種構造物や各種建造物の内部や建造物の表層に浮遊するエアロゾルなどは、それらの安全管理の面からモニタリングされることが多い。病院内と工場内を較べてみればわかるように、対象になるエアロゾルも対象空間によって大きく異なるに違いない。森林内や呼吸気管内などは、生きものによって作られた空間と言った趣がありセンシング対象となる空間の構造が複雑な上に、そこに浮遊するエアロゾルについてはほとんどセンシングされていないではなからうか。それは、センシングする必要

が無いのではなく、センシングするための付随的な技術が整備されていないからではないだろうか。そのような空間で、大気とともに浮遊・移動している粒子は何をしているのだろうか？ 奥は深そうである。

昨年、レーザセンシング学会が組織され、そして学会誌が発行される段になった。そんな機会に、改めて「ものをレーザセンシングすること」の意味を考えてみたが、どこかはっきりとは言えないが、レーザセンシングした結果がもたらす情報を読み解くうちに、その先に隠れている情報もほしくなってくる。当然、それに合わせたセンシング技術をまたまたひねりださねばならぬのだが、そんな良きサイクルが生まれてくると少しサイエンスが進むのだろう。