

「ふろんとランナー」は、九州大学の研究の最前線をインタビューで紹介するシリーズです。シリーズ第20回目は、応用力学研究所の竹村俊彦准教授に、情報開発基盤研究開発センターの南里豪志准教授が聞きます。



# 微粒子「エアロゾル」が 大気を汚し気候を変える

エアロゾルの気候変動への影響を  
予測する数値モデルを開発。

応用力学研究所 准教授  
たけむら としひこ

## 竹村 俊彦

聞き手 情報開発基盤研究開発センター 南里 豪志 准教授

気候に影響を及ぼす  
エアロゾルの正体

南里 まず竹村先生の研究のキーワードである「エアロゾル」について説明していただけますか。

竹村 大気中に浮かんでいる微粒子の総称で、日本語にすると、「大気浮遊粒子状物質」といいます。例えば、人間活動から出るものとして、ディーゼル車から排出される煤や四日市喘息の原因となった硫酸のミストなど。それらは液体や固体として空気中に浮かぶのです。

南里 ゾルなので液体かと思いましたが、固体もあるのですか。

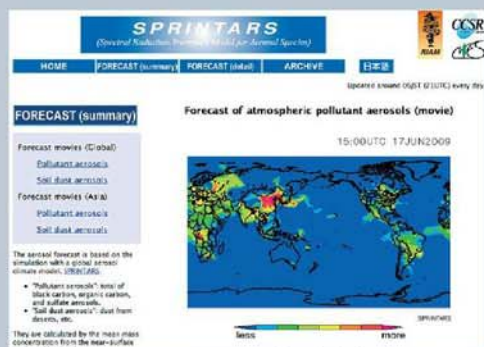
竹村 煤は固体です。人為起源でなく、自然発生するものとして黄砂などがあります。

南里 大きさにも幅があるのですか。

竹村 気体から液体になる、あるいは小さいものが成長していくという現象が起こりますので、小さい物は $n$  nm(ナノメートル)、花粉であれば数十ミクロンで、五桁くらいの幅があります。ただし、雨や雲粒になると、エアロゾルとはいいません。

南里 花粉も含まれるのですか。

竹村 私は重度の花粉症なので、春先はエアロゾルに悩まされています(笑)。花粉症や四日市喘息と聞くと、



SPRINTARSホームページでのエアロゾル週間予測の一例

エアロゾルの健康に対する影響のほうに関心がいくかもしれません。しかし、エアロゾルは気候変動を引き起こす大きな原因物質の一つとして位置づけられています。

**南里** 大気中に普通に浮かんでいる小さなエアロゾルと気候変動とがにわかにつなげられないのですが。

**竹村** エアロゾルは、気候に対して直接効果と間接効果を及ぼしています。まず、直接効果はエアロゾルが太陽光を散乱、吸収していること。太陽のエネルギーは地球に降り注ぎ、赤外放射として地球から出て行くことで気候のバランスが保たれているのですが、エアロゾルはエネルギー収支に影響を与えており、その相互作用を研究する必要があります。

す。間接効果は、雲との関係です。

実は大気中に浮かんでいる雲は、水や水蒸気だけでは存在しえませんが、エアロゾルなどゴミみたいなものが核になって、その周りに水や氷が凝結して雲になるのです。ですから、人間活動により、排出されるエアロゾルが増えると雲の性質が変化します。雲は成長して雨として落ちてきますから、雨の降る確率も変わってきます。そうした効果と気候モデルとの相互作用のプロセスを入れ込んで、気候の影響を評価できるモデルを作っています。

### 「全球エアロゾル輸送・放射モデル SPRINTARS」をベースに

**南里** かなりいろいろな方程式が混ざっているようですが、すでに「全球エアロゾル輸送・放射モデル SPRINTARS」という地球規模での三次元分布をシミュレートするためのモデルを開発されていますね。

**竹村** エアロゾルは、大きさを持っているもので必ずどこかで落ちます。どこから発生してどういうふうになるかという一連の輸送プロセスを計算するのが「SPRINTARS」(<http://sprintars.net>)です。ただし、気候システムは複雑で、カオティック。様々な系との相互作用を取り込まないと研究が進展しないので、広範の知識や視点を求められます。私の研究分野に限ったことではないかもしれませんが、特にエアロゾルに関する研究は、今後も理学、工学、農学、経済学、医学など関連領域が一層広がっていきそうです。

**南里** 研究を阻む最大の壁は何ですか。

**竹村** シミュレーションですから、定量的に妥当なものかどうかを検証しなければなりません。エアロゾルは観測値の蓄積が乏しいことが最大の壁になっています。二酸化炭素は大気中の寿命が長いのに対して、エアロゾルは大ききにもよりませんが、平均して数日から一週間。そうすると一地点で観測したとしても、周辺を代表している観測値かどうかはわかりません。広いエリアで観測するためには人工衛星が有効になつてきますが、人工衛星ですら、たかだか二十年ぐらいの蓄積しかなく、困難を極める研究ではあります。

**南里** 竹村先生は短期の天気予報もするのでですか。

**竹村** 私の興味の対象は気候変動な

ので、比較的長いスケールの現象を追っているのですが、例えば、経済活動の激しい中国からの越境汚染。これは東シナ海を渡って一日、二日単位でやってくる現象ですが、これも守備範囲です。短期のほうはやはり観測値が集まりやすく、検証しやすいですね。

**南里** 研究の難しさはやはり検証ですか。

**竹村** それともう一つ、気候モデル全般に言えることですが、エアロゾルに関しても、どこまで詳細にやるか、どこまで簡略化していいかといった、さじ加減が難しいですね。核になりやすいエアロゾルがどんな種類でどんな大ききかといったことはある程度わかっているのですが、物理的に方程式で表現すると難しくなります。形状も影響してきます。エアロゾルは球をイメージされるかもしれませんが、黄砂は砂粒です。球体ではないですし、煤も単独では丸いですが、チェーン状に繋がっています。どれが典型かを捉えるのも難しいし、さらにそれが雲粒とどう相互作用しているかは、一つの理論だけでは表現できません。

正直、やればやるほどわからなくなるといふ時もあります(笑)。だから

こそ、あまり影響がない程度に簡略化、パラメタライズできないかと考えるわけです。何十年間にわたる長期的な計算をしたいので、あまり詳細なモデルを作ってソフトの動作が重たくなると、計算機リソースの問題でスピードも出なくなります。

**南里** 私の専門分野が計算機なのですが、先生は、現在、どのような計算機を使っていますか。

**竹村** 国立環境研究所のスーパーコンピュータと、九州大学の応用力学研究所の計算機を優先的に使わせてもらっています。自分の研究室にはLinuxの計算機があります。

**南里** スーパーコンピュータの方は、ベクトル型ですね。

**竹村** そうです。「SPRINTARS」はもともベクトル型である「地球シミュレータ」用に最適化しています。

**南里** 利用者の立場として計算機に何を期待されますか。

**竹村** 基本的に気象の分野は、依然として計算機リソースが全然足りません。気候モデルを使って百年ぐらの計算をする場合、水平方向では五〇kmから一〇〇kmのスケールが一杯。速度の面ではまだまだ高速化していただかないと、空間分解能の細かいモデルが動きません。

### エアロゾルから地球現象をトータルに捉える

**南里** パラメタライズする一方で、分解能の細かいモデルが必要なのですね。

**竹村** 雲が生成されるプロセスは、少なくとも二、三kmくらいで分解しないと自然なモデリングができません。そのくらいのグリッドスケールでないとい、きちんと物理的に気象現象を表現したとはいえないのです。エアロゾルの影響は二酸化炭素に対して、定量的にこのくらいです。よということも大事ですが、私自身としては、大気だけではなく、エアロゾルの発生・輸送が海、水河、水床、陸

面、植生、砂漠などどのように相互作用しているか、トータルに地球現象を捉えていくことに科学的興味を置いていきます。エアロゾルでさえ、同一の方法や原理では研究できないのに、またさらに研究が複雑になってくる可能性があるので、計算機リソースの進化にはぜひとも期待したいですね。

**南里** この分野に興味を持ったきっかけは何ですか。

**竹村** 小学校の四、五年生で習う星空の観測で、天文に興味を持ちました。大学でも天文を学ぼうと入学したのですが、天文自体は非常にセグメントされた分野だったので、宇宙物理、地球物理全般にも関心を広げてみようと考え、その中で気象の分野、大気の放射エネルギーだとか、エアロゾル、雲の研究に出会いました。大学四年生の頃です。大学院もその方向で進みました。小学校の時から興味は「空」を向いていたということですね。

**南里** しかし、学部四年で自身の進む道を決められたのは早いですね。

**竹村** 早めに方向が見定められたのはよかったです。もう少し遅かったら、違った人生になっていたかもしれません。



聞き手の南里准教授

**南里** IPCC(気候変動に関する政府間パネル)にも参加されています。いつからですか。

**竹村** 間接的なものも含めると九九年からです。東京大学の大学院修士課程に在学中で、博士課程に進もうかという頃です。エアロゾルが重要だということになって、声掛けがありました。第三次評価報告書から間接的に関わって、〇七年に出版された第四次評価報告書では執筆協力者として参加しています。一三年から一四年にかけて、第五次評価報告書の出版が決定していますが、次はチャプターを主導して執筆するリードオーサー候補に挙がっているという連絡がありました。

**南里** 国や学会から推薦されるのですか。

**竹村** 基本的にはそうです。国としても世界を主導するような研究者を輩出したいところなので、文部科学

省や環境省も少なからず力を入れて  
いると思います。

**南里** IPCCには日本からは何人くら  
いの研究者が参加しているのですか。

**竹村** 第一から第三の作業部会があ  
って、第四次評価報告書の第一作業  
部会では、日本人研究者は三〇人弱。

九州地区では私だけでした。先進国  
の中ではまだ少ないように思います。

**南里** 第四次評価報告書に誤りが  
あったとして、一時、地球温暖化懐  
疑論もかまびすしかったですね。

**竹村** 日本ではマスコミが結構大々  
的に取り上げたため、懐疑論を唱え  
ている日本人は比較的多いのです  
ね。しかし、報告書はIPCCの独自研  
究ではなく、査読論文を取りまとめ  
て作成されます。査読論文の中に温  
暖化に対する懐疑論的な論文は、皆  
無に等しいです。評価も定量的にか  
なりの精度を持ってきて、第四次評  
価報告書では九〇%以上の確率で今  
の温暖化は人間が引き起こしている  
と結論付けています。ここまで来る  
と、誰もが納得するような研究結果  
を持ってこないかと反論は難しいし、  
懐疑論はおそらく下火になってくる  
と思います。温暖化は、何十年スケ  
ールの話なので、体感できないのが

ネックですね。一年前の今日、自分  
が何をしていたか思い出せないのと  
同じです。しかし、物を燃やすと二  
酸化炭素だけでなく、煤や硫黄分と  
いったエアロゾルが出ますから、そ  
れが大気汚染を引き起こすというこ  
とは目で見てわかりますね。また、  
化石燃料は必ず枯渇しますから、省  
エネルギーで残るかす(エアロゾル)  
を出さないような生活スタイルにし  
ましょう、すると空気がきれいにな  
りますよと提案すると、イメージが  
湧いてくると思うんですね。個人的  
な考えですが、最終的には太陽のエ  
ネルギーが一番いいと思います。人  
間が生存している限りは太陽は必ず  
ありますから。太陽エネルギーの安  
定供給も近い将来技術的にクリアで  
きるのではないのでしょうか。

**専門性だけではなく広範な  
知識、交流が求められている**

**南里** 化石燃料を燃やすことは経済  
活動に直結しています。気候に関し  
ては社会経済学的な領域とも連携が  
必要ですね。

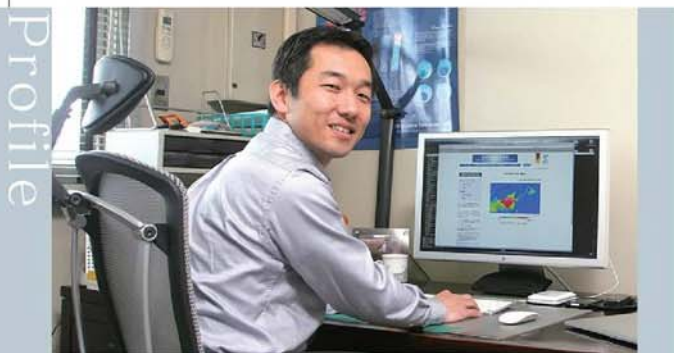
**竹村** 気候変動研究に関しては、研  
究室や大学を超えて日本全体の研  
究者で盛り立てていかねば成果は

出ないと思います。また、環境の分  
野は今、人材が求められていますか  
ら、社会に出てどのコースを歩むに  
しても対応できるような、学部、修士  
や博士課程も含めて学生には広い  
視野を持って勉強や研究を進めて  
ほしいと思っています。

**南里** 視野を広くする秘訣はありま  
すか。

**竹村** 母校の東大の研究所には豊の  
部屋があつて、違う研究室の学生と  
話することが多かったのですが、  
その知識が今も役立つと感じ  
ます。研究室の中だけ、同じ分野の  
人だけの繋がりで、その分野では専

門家になれるかもしれませんが、バ  
ランスの取れた考え方を持って社会  
に貢献するという機会は得られない  
気がします。まずは学生同士、積極  
的にいろいろな人と交流してほしい  
ですね。あともう一つはバランスの  
取れた生活をする。私は中学から  
大学まで真面目に陸上競技をや  
りました。また、研究とは関係のない  
小説やミステリーもよく読むので  
すが、想像力が刺激されますね。自分  
の好きなことをする時間も研究と同  
じくらい大切だと思いますね。



竹村 俊彦 准教授 プロフィール

- 1997年 3月 東北大学理学部宇宙地球物理学科 卒業
- 1999年 3月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻  
修士課程修了
- 2001年 4月-2001年9月 日本学術振興会特別研究員
- 2001年 9月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻  
博士課程修了(博士(理学))
- 2001年10月 九州大学応用力学研究所 助手
- 2004年10月-2005年10月 NASA Goddard Space Flight Center  
(アメリカ航空宇宙局ゴダード宇宙飛行センター)  
客員研究員
- 2006年 2月 九州大学応用力学研究所 助教授
- 2007年 4月 同准教授  
現在に至る