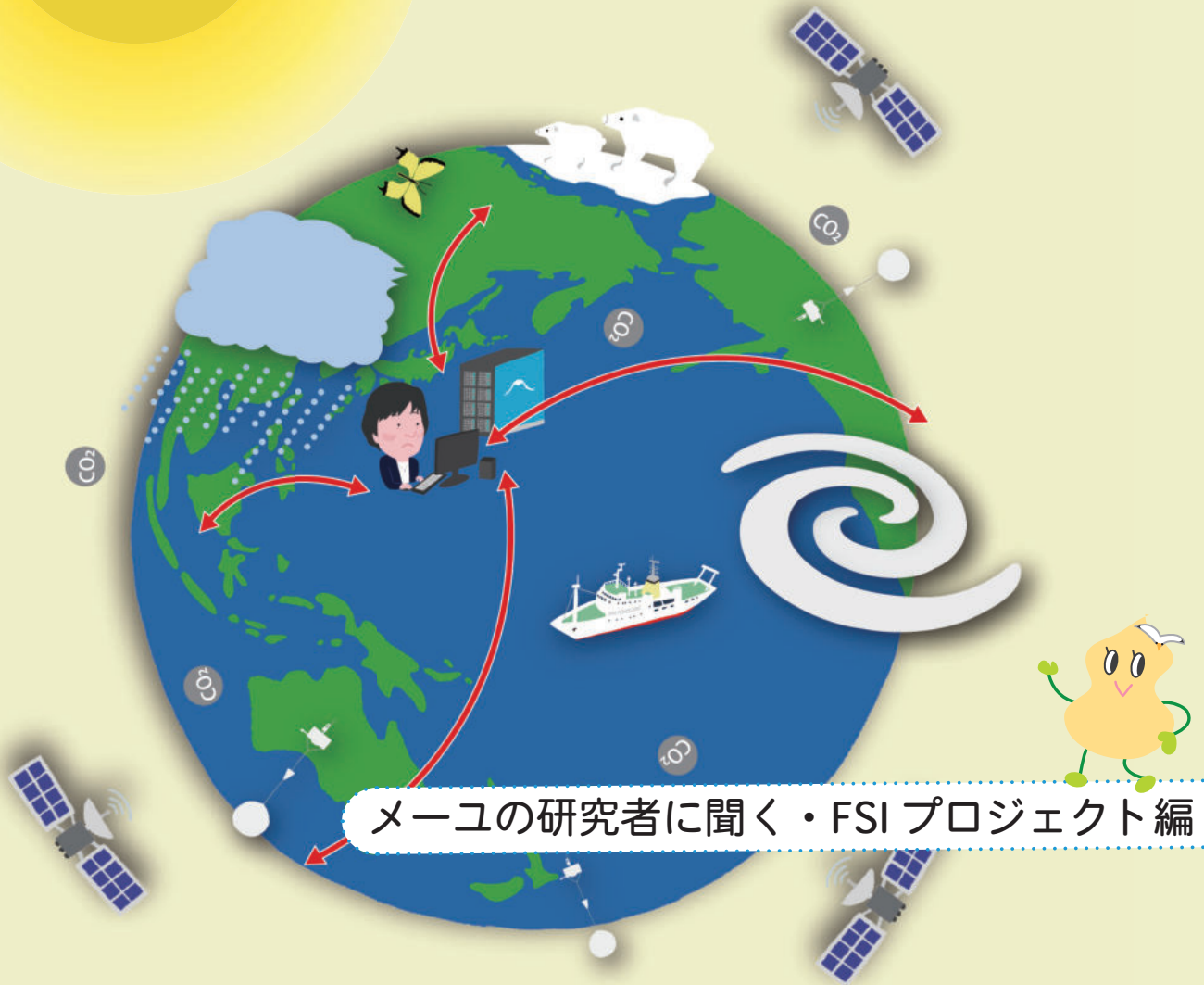


# うみそら

別冊 *Ocean Breeze*  
No.1

東京大学大気海洋研究所プロジェクトだより



メーユの研究者に聞く・FSIプロジェクト編

第1回

水と気候のビッグデータ研究拠点

観測とモデルの精度を高め  
ビッグデータの活用を進める

このコーナーは、大気海洋研究所が推進する東大未来社会協創推進本部 -FSI- 登録プロジェクトの中から、プロジェクトの代表や参画メンバーにインタビューを行い、プロジェクトの目指すところや研究方法、成果、今後の展開などについてご紹介するものです。

大気海洋研究所の広報大使・メーユが素朴な疑問を研究者にぶつけます。プロジェクトの意義とともに、科学や学問としての面白さなど、未来社会を担う中高生や地域の方々にも興味を持っていただけるよう、お伝えしたいと思います。

私たちの未来を一緒に考えていきませんか。



## メーユの研究者に聞く・FSIプロジェクト編

第1回

# 水と気候のビッグデータ研究拠点



**高数 縁** (たかやぶゆかり) プロジェクト代表

東京大学大気海洋研究所 副所長

気候変動現象研究部門 教授

研究分野 / 熱帯気象、気候変動と世界の雨、地球衛星観測

最近の小さな楽しみ：運動不足解消のため近くの公園に鴨を見に行く

2017年7月、東京大学は、総長を本部長とする「未来社会協創推進本部」を設置しました。東京大学憲章に示す「世界の公共性に奉仕する大学」としての使命をふまえ、地球と人類社会の未来への貢献に向けた協創を効果的に推進することが目的です。当本部に登録したプロジェクトは、SDGs17の目標に基づき、東京大学の多様な活動を可視化・発信することにより、相乗効果と社会的価値の創出につながる取り組みを行なっています。





## 観測とモデルの精度を高め

# ビッグデータの活用を進める

### 背景

地球温暖化による気候変動によって、毎年のように自然災害が世界各地を襲っています。記録的豪雨による洪水被害、深刻な干ばつ、森林火災、台風やハリケーンの大型化、異常気象や熱波の多発…。多くの人命・家屋が失われ、農作物への被害や経済損失など、私たちの健康や安全にも影響を及ぼしています。

地球温暖化をもたらす原因の一つである二酸化炭素などの「温室効果ガス」は、近年、非常に早いペースで排出されており、世界の平均気温は 18 世紀後半の産業革命が始まった当時と比べて 1.1°C 上昇していることがわかっています。1.1°C というと、小さな変化に思われますが、実は、局地的な集中豪雨や干ばつなどの降水異変を起こすことにつながり、極端現象の変化を起こし得る数値です。

将来の気候予測とその影響を評価して伝える科学者の組織・IPCC は、2021 年 8 月の評価報告書で、温暖化が人間の活動によるものであることを「疑う余地がない」と結論づけましたが、もはや気候変動は人類に共通する待ったなしの問題。特にアジアに住む私たちにとっては、雨の降り方の変化、「降水異変」が懸念されており、研究者たちは急ピッチで解明を進めています。

高薮教授を代表とする研究チームでは、観測データと気候モデル実験を組み合わせた研究をすることにより、日本と東アジア域の雨の将来変化をより詳しく知るための研究を行ってきました。



# 天気予報の基礎となる直接観測と高精度化が進むリモートセンシング

**メーユ:** プロジェクトの3つの柱の1つに「雲降水プロセス・極端降水の研究」とありますが(図1)、どんな研究をしているのですか?

**高数:** はい。このプロジェクトでは、近年の大雨の増加などと気候変動との因果関係を理解するための研究を行っています。気候が変化すると雲がどのようにできて、雨の降り方はどのように変わるのかとか、各地の極端降水はどのような仕組みで起こるのかということですが、まず、私たちは雲と降水の特徴を決定するプロセスを理解しなくてはなりません。プロセスの解明のためには、高精度な観測が重要になります。

**メーユ:** 高精度な観測…? 気象観測って言うと「アメダス」とか、「気象衛星ひまわり」とか聞いたことあるけど…。

**高数:** ええ、みなさん天気予報などで聞いたことがあると思います。気象観測には、大きく分けて直接観測とリモートセンシングがあります(図2)。リモートセンシングは、直接対象に触れずに離れた所から観測する遠隔探査のことですね。

直接観測では、全国各地に設置された温度・湿度計や風向・風速計、雨量計などで自動的にデータを取っている「アメダス」の他に、「ラジオゾンデ」があります。地上から30kmくらいまでの高層にバルーンで測器を上げて観測するもので、世界各地で1日のうちの決まった時間に定期的に行われています。このデータが各地の天気予報の数値予報に組み込まれていて、天気予報の基本となる大事な観測なのですよ。

リモート観測にあたるのが降雨レーダーや気象衛星ですね。降雨レーダーは、アンテナから電波を放射して、雨粒で反射されて戻ってくる電波やその時間から、雨の強さや粒子の動き、雨や雪までの距離を測ります。気象衛星は、日本では現在「ひまわり8号」が運用されていますが、こうした人工衛星を宇宙空間に飛ばして、広い範囲の天気を観察しています。

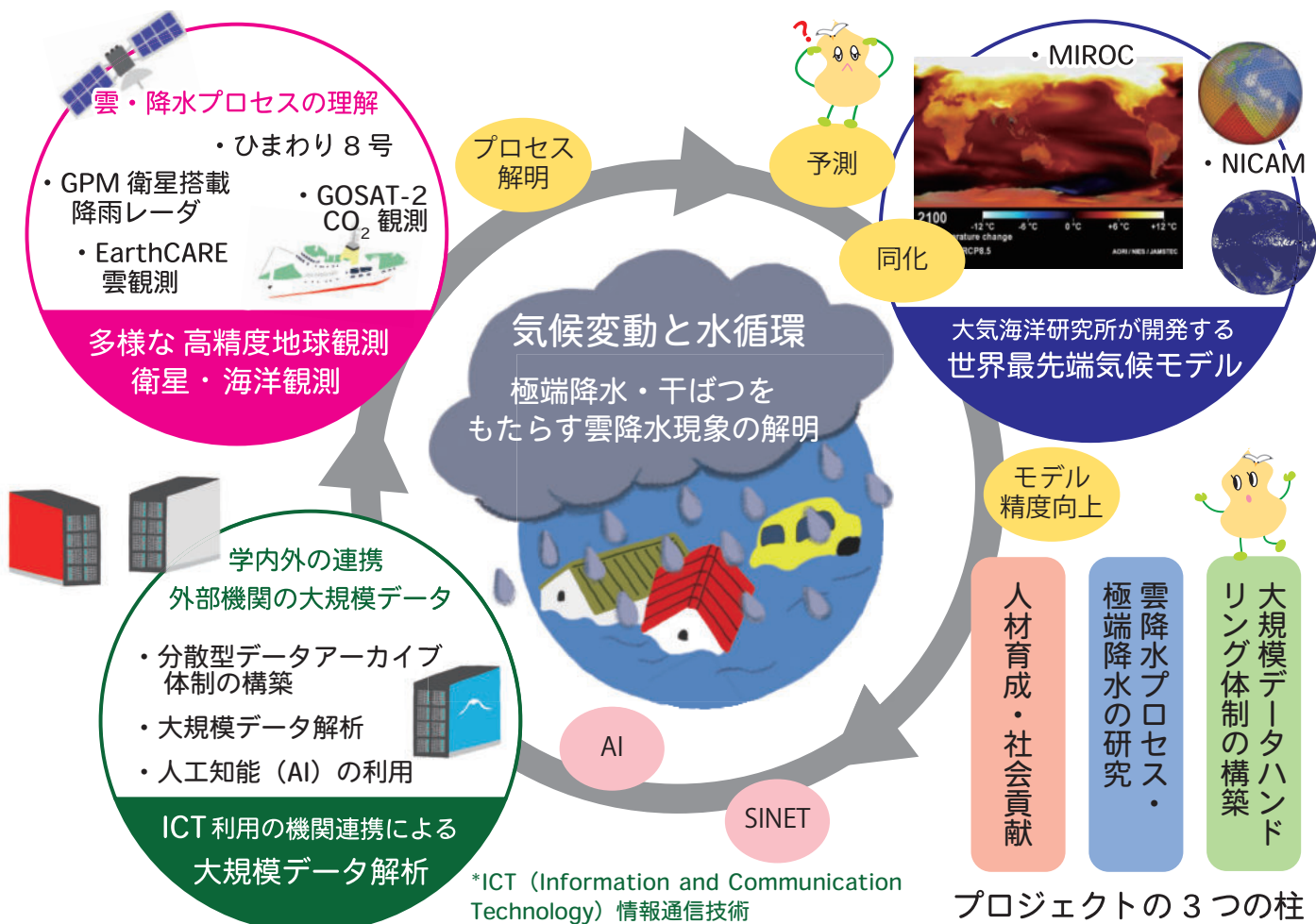


図1: 水と気候のビックデータ・プロジェクトの概要

メーユ：図 1, 図 2 で言うと、リモートの気象観測の中に、雲の画像を撮影できるひまわりとか、雨の立体の姿がわかるレーダーを積んだ衛星とか、雲を細かく見られる衛星があるということ???

高藪：そうですね。直接観測はその場のデータを、リモートセンシングは広範囲を見ることができる観測で、いろいろなデータを得ています。しかし、リモートの技術がどんなに進んでも、直接観測はやはり大事なもののなので、どちらも行っています。リモートセンシングは電波のシグナルを、雨や水の量とか降水の速度など物理的な仮定に基づいて焼き直すので、直接観測で検証する必要があります。

メーユ：でも、リモートセンシングの衛星観測で、例えば、西日本で起きた平成 30 年 7 月豪雨など、雨や雲の立体的な構造 (図 3) がわかったのですよね？

高藪：そうですね。雨というと、普通は地上で降っている雨の量を思い浮かべると思いますが、レーダーによって上空からの全体の立体の姿をとらえることで、雨を降らせる様々な仕組み、つまり雨が降るメカニズムについて、

理解することができるようになります。現在は、宇宙からたくさんデータが取れるようになっているのですよ。

メーユ：ふ〜ん。そういえば去年は、グループの一連の研究から、日本の豪雨のもう一つの重要な仕組みがわかったそうですね。

高藪：そうですね。これまでの研究では、一般的に豪雨は、下が暖かく上が冷たいという不安定な大気もたらす激しい対流によって起こる、と考えられてきました。激しい雷を伴う積乱雲、局所的豪雨、スーパーセルなどは、こういう雨のカテゴリに入ります (図 4a)。一方、大気が深い層で非常に湿った状況になった時、層が持ち上げられることによって大雨が降りやすくなるのがわかったのです (図 4b)。

この場合、大気の温度構造はさほど不安定ではないため、対流雲は雷雲ほど高くはなりません。その代わりに、数百 km の広さで組織化して周囲の水を効率的に集め、雷雨よりもむしろ強い雨を降らせることができます。図 3 にあるように、2018 年の 7 月豪雨がさほど背の高い雨システムであるのに大きな洪水被害をもたらしたのは、実はこのような状況で起こっていたのです。

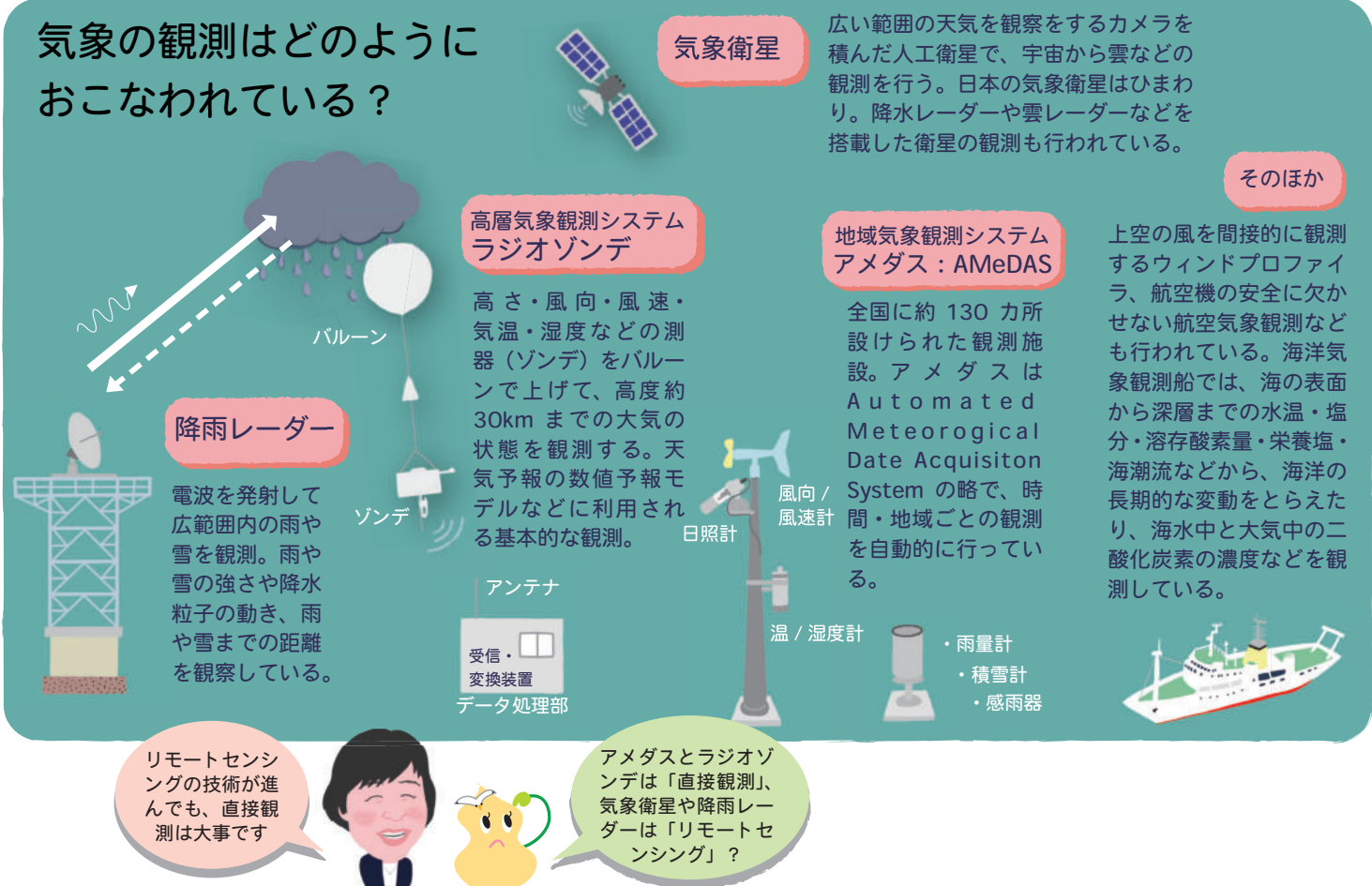


図 2：気象観測の手法

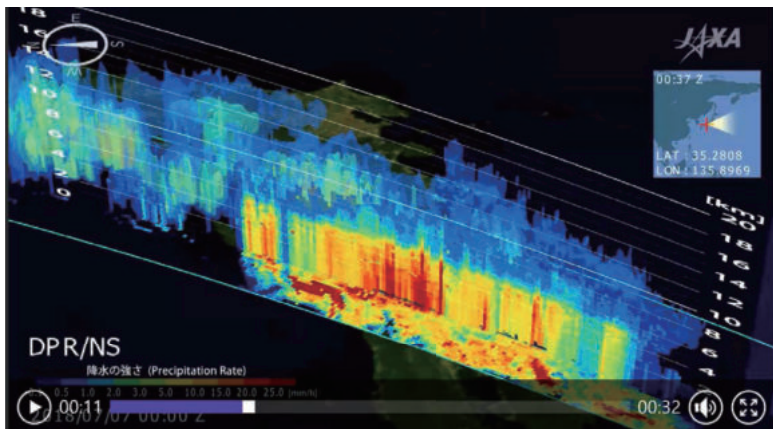
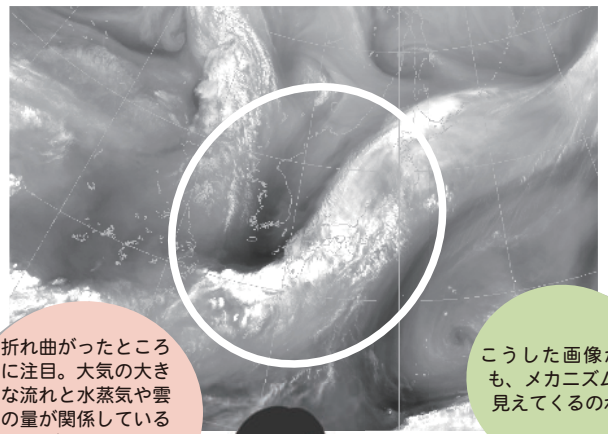


図3：全球降雨観測計画 GPM の二周波降雨レーダ (DPR) がとらえた 2018 年 7 月 7 日午前 9 時 38 分 (日本時間) の豪雨の立体構造。図中の目盛は地上からの高度 (km) を示す。/JAXA 提供 / 上空からの全体的な立体の姿をとらえることで、雨を降らせるメカニズムの理解が進む。



折れ曲がったところに注目。大気の大気の流れと水蒸気や雲の量が関係していることがわかります。深く湿潤な層が用意されています。

こうした画像からも、メカニズムが見えてくるのね。



図5：ひまわり 8 号がとらえた同日 9 時 30 分の水蒸気画像。(気象庁 HP) 白丸は朝鮮半島上を中心に停滞したジェット気流の蛇行を示す。折れ曲がった部分からは上空の大きな循環と水蒸気の見える。

図4：日本の暖候期に大雨をもたらす 2 つのメカニズム

(a) 不安定な大気で起こる激しい対流。雷雨など。(b) 非常に湿潤な大気でおこる大規模な降雨システム。広域豪雨など。(提供：辻 宏樹 博士)

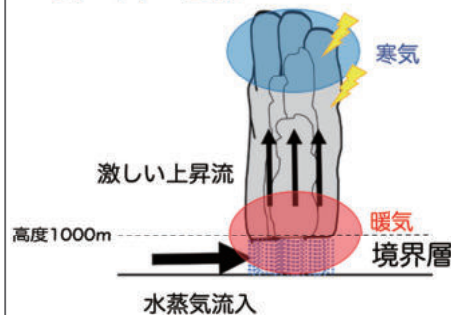
プロジェクトの研究によって、日本の豪雨のもう一つのしくみがわかったのね！



## 豪雨はいかにして起こるか？

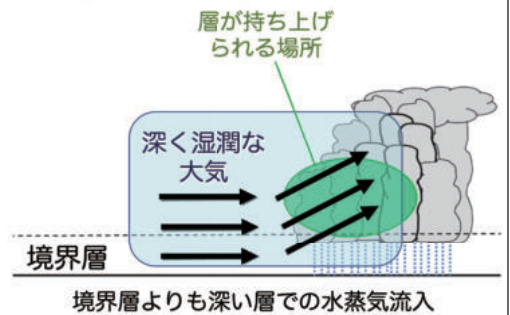
a. 不安定な大気 (下が暖かく上が冷たい)  
→ 激しい対流

積乱雲、雷雲、局地的豪雨、スーパーセル



b. 非常に湿潤な大気  
→ 組織化した降水域

深い水蒸気収束、広域豪雨、メソスケールシステム



メーユ：ということは、温暖化が進んで気温や海水温が上がって、大気の水蒸気量が増えてくると…

高数：b のようなタイプの大雨が増えやすいことが理解できますよね。最近の豪雨の増加は、このような雨がよりたくさん降るようになってきていることが原因ではないかと考えています。

気象庁も常に観測の高精度化を行っていて、気象衛星ひまわりにしても、昔は 30 分に 1 回しか画像を撮れなかったのが、10 分に 1 回とか、台風の時は 2.5 分に 1 回撮影できるようになるなど、観測能力が格段に上がっています。

受ける電波の周波数、「チャンネル」とも言いますが、何 GHz といった周波数の単位があって、どの周波数のマイクロ波を受けるかによって、何がわかるのかが違うのです。例えば、温度センサーの赤外線画像では雲の高さが見られます。可視画像では、これは太陽が出ている

屋間しか見られませんが、雲の深さが見えやすいといった違いですね。高層の水蒸気、あるいは低層の水蒸気が見えやすいチャンネルや、火山灰が見えやすいチャンネルなどいろいろあるのですね。

高精度化というのは、チャンネルが前よりもたくさんあるという意味で、数値予報に上げられる良いデータがたくさん取れるようになることです。良い観測値がたくさん取れれば取れるほど、次の予報が良くなります。

メーユ：データがたくさん取れると、次の予報が良くなる…

高数：観測をなぜ行うのかというと、1 つは検証のため、さらには予測のためですが、予測には、数値モデルの予測データと観測値を一緒にして、次の予測をするために最適な形にする、「同化」という作業を行います。

メーユ：「同化」って、別々のものを一緒にする、という意味だと思うけど、数値モデルが予測した値に、実際に観測された値を混ぜ合わせるということ？

高数：そうです、上手に混ぜ合わせて最適に利用すると、次のステップを予測するための初期値が良くなります。次のステップまでの計算をする時に、モデル計算では不連続な値から始めないように、モデルになじませた値でなければいけません。

観測では、いろいろなチャンネルがあるとお話しましたが、どのくらいの細かさで見られるかという「分解能」とか、何分に1回観測できるかという「時間分解能」なども良くなってデータがたくさん取れると、同化作業が良くなり、予報が良くなります。衛星観測や直接観測で得られたデータを集めて、モデルが出すものと観測値とを比較検証することで、モデルの表現、物理過程の表現を改良していくことも重要です。

## モデルの精度向上によって 予測～同化を“精確”にする

メーユ：「モデル」のことがよくわからないのですが、高数先生はじめ研究チームが編集した「暑いだけじゃない 地球温暖化」のパンフレットを見ると「気候モデルとは、物理法則を表す数式のかたまり」と書いてあります。大気をサイコロみたいに格子に分けて、風や気温や気圧などの観測データを入れて、計算するのですよね？（図6）

高数：そうですね。大気モデルは基本的には天気予報と変わらないのですが、例えば、今の東西風の値から、次のステップはどのくらい増えるのか・減るのか、といった方程式を作ることです。気温や気圧、風向風速について、今の状態から次のステップではどういうふうになる、

大気モデルの格子イメージ

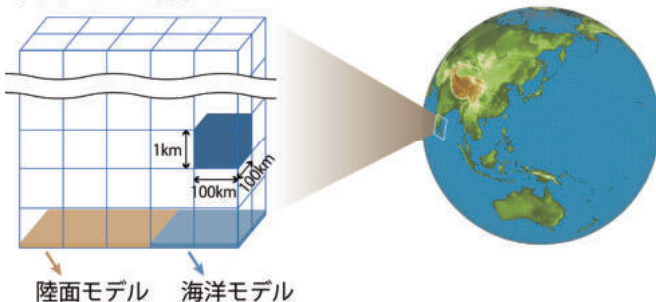


図6：気候モデルの格子イメージ（暑いだけじゃない 地球温暖化より）  
たとえば大気モデルは、大気を水平方向に100km×100km、鉛直方向に約1kmのサイコロ（格子）に分け、それぞれのサイコロでの現在の風、気温、気圧、湿度の状態から約10分後の風、気温、気圧、湿度の状態を予測する数式。

という予測を行うため、運動方程式や熱力学の式といった、物理的な方程式が基本となります。

メーユ：次のステップがどう発展するかを解くために、基本の方程式を作ること…。

高数：ただ、その中にはどうしてもパキッと表現できない部分があるのですね。例えば、ボールをどのくらいのスピードで投げるとどこまで到達するか、といった方程式は答えがはっきり出せます。一方、100km×100kmのグリッド（格子）の中で、どのように雨が降るか・どのように雲ができるか、といった現象は、雨は100km四方に一律に降ったりしないため、表現しきれないものがあるのです。水蒸気が凝結すると熱を出しますが、どこでどのくらい大気を温めるか、そういった面ははっきり表現できません。

モデルのそれぞれの表現の仕方で結果が変わってくることを「不確実性」「ばらつき」、といいます。将来ジェット気流がどこを流れているか、といった予測もモデルによって少しずつ違ってきます。

メーユ：同じことを調べるにも、いろいろなモデルがあつて表現が違うから、予測も変わるのですね。

高数：観測でどういったデータをとるか、観測でわかることと同時に、数式でどのように表現するとより正しくモデルを動かすことができるのか。そういった、観測とモデルの開発の両方が大事なのです。20年後、100年後の気候状態をベストに表現しているのはどれか、最も精確らしいモデルはどれかを検証しなくてはなりません。

ただ、それぞれのモデルが基本の部分は同じ物理法則の約束事の下にできているので、そんなにあてにならないというものではありません。ノーベル物理学賞を受賞された眞鍋淑郎先生は、一次元モデルで温暖化を予測されましたよね。

しかし、どこでどのくらい雨が降るか、豪雨がどのくらい増えるか、といったモデルで表現しきれない部分があつて、そのあたりのメカニズムをもっと理解しないと、温暖化が進んだ時に私たちの周りで実際に何が起こるのかはわからないですよ。温度が2度3度上がるということだけではなく、すでに豪雨が増えています。それがどうしてなのかを知らないと、対策もよくわからないわけです。そうしたメカニズムやプロセスを理解して、モデルでどう表現するかを考える。私たちはそういう研究をしています。

メーユ：大気海洋研究所が他機関と共同で開発した「世界最先端気候モデル」に、MIROC(ミロク)とNICAM(ニッカム)というモデルがあるのですよね?(図7,8)

高菺：MIROCは100kmレベルの格子の気候モデルで、日本を含むアジアの気候やモンスーン、梅雨前線などの再現性や将来変化の研究に役立てられています。NICAMは地球全体を5km以下の水平メッシュで覆う超高解像度の気候モデルです。細かな格子で全球の雲を表現できます。

雲粒が周りの水蒸気を集めてどうやって太るか、どうやって雲粒が雨粒になるか\*、どういうタイミングで氷ができるかといったプロセスを「雲微物理」と言います。全球雲解像モデルは、雲降水プロセスを忠実に表現することで、この不確実性を取り除こうとするものです。でも雲微物理の表現の仕方によって、まだ不確実性があるので、まだまだ研究が必要です。私たち研究者は、近い将来、さらに新しい衛星観測によって、雲微物理の詳細を解明しようとしています。\*雨粒の大きさは雲粒100万個分



図7：NICAM (Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model 非静力学正20面体格子気候モデル) Numerical modeling 大気海洋研究所気候システム研究センターと海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターが共同で開発した。詳細は大気海洋研究所 佐藤正樹研究室 HPへ

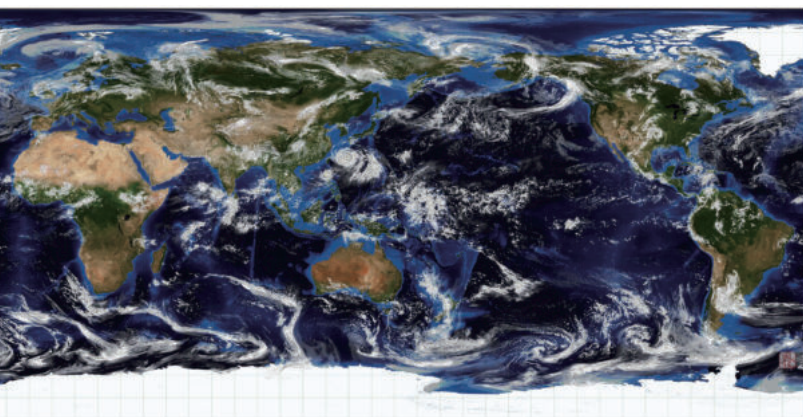


図8：スパコンで再現したNICAMによる地球の大気雲画像。NICAMよる数値シミュレーションの解像度は1km未満。

## ビッグデータを効率良く使うため「分散型アーカイブ体制」を作る

高菺：衛星も高機能になっていくし、モデルも解像度が細くなるほど、表現できるものが増えて高機能になる。すると、データもものすごいことになってきます。

メーユ：プロジェクトのもう一つの柱、「大規模データハンドリング体制の構築」ですね。

高菺：日本中にこうした研究を進めている研究者がいて、皆がモデルの出力もするし、衛星や地上の観測データも合わせて大量に使います。しかも何十年のものを一緒に使うので、自分の手元にJAXAが取ったデータや、世界のモデル実験データをダウンロードするのは、大変です。ある程度やっていますが、丸々全部取ってくるのはなかなかできません。それで、それぞれのデータはどこかに集めておいて、自分のところで効率よく使う仕組みができないか?ということで、分散型アーカイブ体制を進めているのです。

メーユ：「どこかに集めておく」というと…?

高菺：日本全国の大学や研究機関の学術情報基盤となっている、\*1SINET(サイネット)という情報通信ネットワークがあるんですね。最終的には、このような情報基盤センターに上手に組み込んでもらうことを考えています。

例えば、あちこちで研究者が「こういうデータもああいうデータも使いたい」と考えているけど、1人1人が全部持ってくるわけにはいかない。データ量の問題もありますし、コンピューター同士にはファイアウォールなど、安全装置の壁がありますよね。それをすぐに見られるようにするにはどうすれば良いかを探りつつ、実際に観測やモデルを使った研究をやっていく、というのが本プロジェクトなのです。

私たちは気候の研究が専門ですが、情報の専門家が作る仕組みは、いろいろなものに対応しようとしていますよね。汎用性は高いのですが、我々の「こういう使い方をしたい」という要求には応えられないこともあります。ですからユーザー側から、こういう使い方をしたいのでどうしたら良いか、と専門家のアドバイスを聞きながら汲み上げていって、専門家には、ニーズに対応してもらえるよう、ツールの使いやすさを検討しています。

メーユ：情報の専門家と一緒に、運用の仕方を話し合い



ながら、研究を進めているのです。

**高叢：**大きなサービスの中に組み込んでくださいよ、と言っていくこと、そしてプロトタイプ：基本の形式を構築することが、プロジェクトの最終的にたどり着くところ。

すでに試作は進んでいて、ある程度うまくいっています。例えば、東大の情報基盤センターにあるスパコンと、\*2 神戸の RIST というセンターがハンドリングしている大きなストレージ (HPCI) を SINET で繋いで、神戸にあるデータを上手に使いながら、柏にあるスパコンでモデルを動かす、というような実験を行っています (図 9)。どこでもそういうことができるようにして、大きなセンターにあるデータはそんなに動かさなくても使える、というようにできれば良いと思っています。大きな連携、大きな枠組みでできることを目指しています。

**メーユ：**たくさんのデータが扱いやすくなって、研究がどんどん進むといいなあ。

\*1 SINET は国立情報学研究所 (NIE) が構築・運営している情報通信ネットワーク。全国の大学や研究機関の学術情報基盤となっている。

\*2 高度情報科学技術研究機構 (RIST) にある共用計算基盤。大型の計算機システムや補助記憶装置 (ストレージ) を備えており、全国の大学や研究機関が共用している。

## 科学的知見を社会に提供し 持続可能な世界へ移行するために

**メーユ：**プロジェクトの3つ目の柱には「人材育成・社会貢献」とあります。このプロジェクトは国連の提唱する持続可能な社会目標 -SDGs の中で、目標 2 (飢餓をゼロに)、6 (安全な水とトイレを世界中に)、11 (すみ続けられるまちづくりを)、13 (気候変動に具体的な対策を)、14 (海の豊さを守ろう)、15 (陸の豊さも守ろう) にも呼応しているのですよね? (図 10)

このプロジェクトを進めることで、研究成果を社会貢献につなげることが、大きな目標ですか?

**高叢：**そうですね。気象の研究で社会に役立つことと言えば、日常的なことでは「天気予報が当たる」といったことももちろん大事なのですが、近年の豪雨や干ばつが増えていることと、気候変動との関係や仕組みが理解できないと、人間が上手に対策をとれないです。ですから、私自身は衛星リモートセンシングに力を入れていますが、モデリングの人たちともコミュニケーションをとりながら、皆でその仕組みがわかるための研究を進めていて、より理解を深めたいと考えています。それが社会への還元になるということで、モチベーションになっ

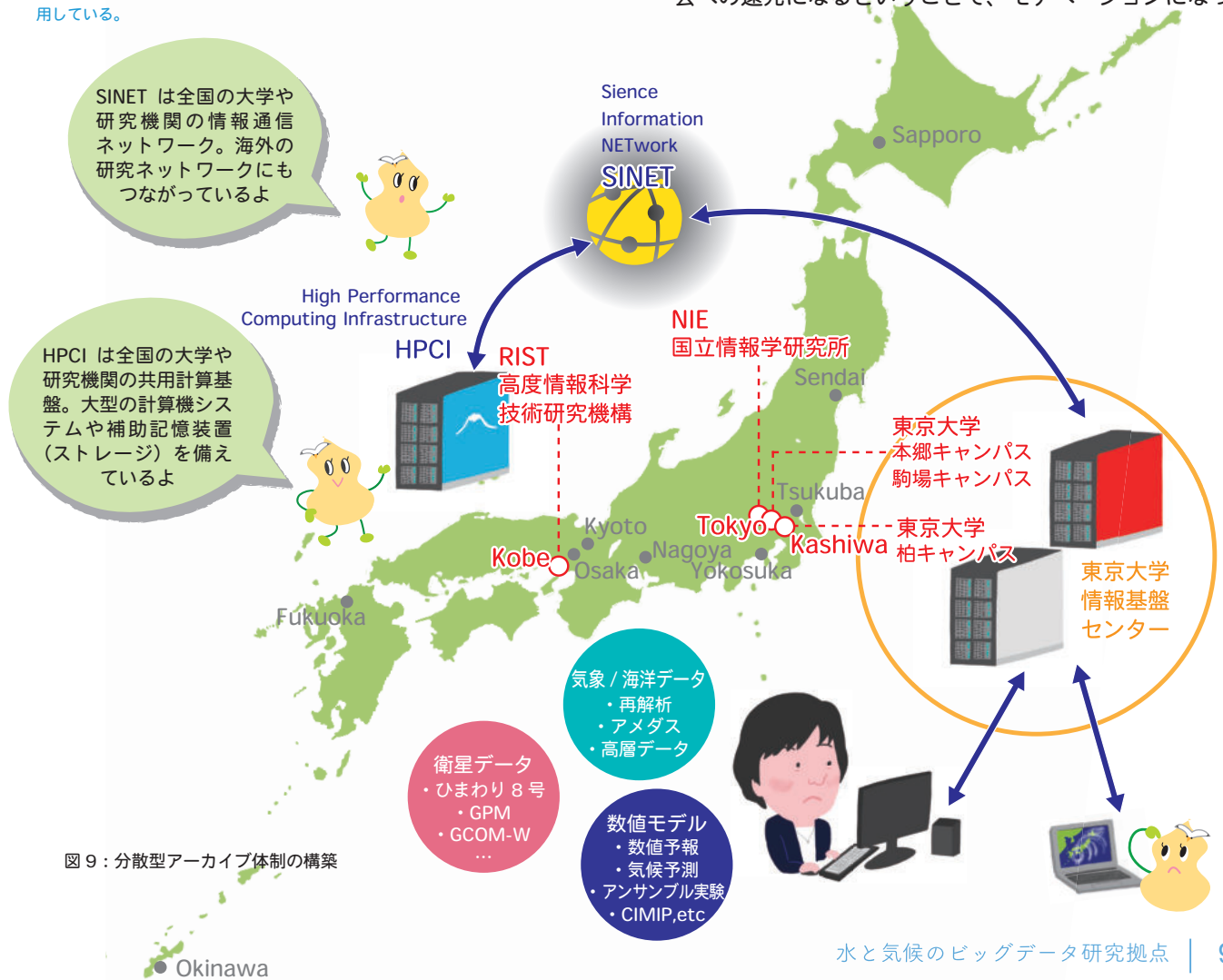


図 9 : 分散型アーカイブ体制の構築



図 10 : SDGs の目標 2,6,11,13,14,15

ているわけですね。気候変動に伴う雨の変化を解明する、これが1番の使命感になっています。

**メーユ :** 研究者が気候変動を明らかにすることも大変だけれど、わたしたち市民が、実際に気候変動を解決していくことは、難しいですよ。高藪先生は市民の皆さんにどんなことを伝えたいですか？

**高藪 :** ご承知のように、気候変動を解決するというのは簡単にできることではありません。現在起こっていることを、完全に食い止めることはできないでしょう。しかし、地球温暖化に伴って洪水や干ばつが増えるといった、直接、人間社会に影響するようなことは、思ったより早く起こっています。

例えば、気温が平均1度2度上がったからといって、「雨が全体に少し増えるのね」ということではないのです。場所によっては豪雨になったり干ばつになったりします。地域ごと、ローカルに見ていくと、大洪水が増えるようになったり、雨が長期的に降らなくなったり、極端な熱波がきたりしています。

こうした現状を理解してもらった上で、暮らし方を考えると、対策をとってもらいたいですね。

**メーユ :** 最近の気候変動も、地球上で起きてきた大きな自然変動の一つなんじゃないか、という人もいますね。

**高藪 :** 近年の気候変動も、大きな自然変動の一つなのだけれど、その極端度が変わっている可能性があるわけですよ。しかしそれが地球温暖化とどう関係があるの？ということ、ちゃんと研究しないとわからないことなので、その仕組みをちゃんと通さなければ、多くの方に理解してもらえないと思います。どうして、どういう仕組みで、こんなに極端な影響が急に増えているのか、起こっていることを解明してきちんと説明すること・正しい理解を科学的に説明することが、私たち研究者の責任であり、役割だと思っています。

**メーユ :** 実際に起こっていることを理解できると、それに対する危機意識とか、どうしたら良いとか、向き合う気持ちも変わってくるものね。

**高藪 :** そうです。それを通じて、温暖化をなるべく抑えられるように、みんなが真剣にCO2の削減、\*3カーボンニュートラル(図11)に協力すること。政府や行政にはその対策をとってもらい、災害対策も合わせ、ちゃんとお金をかけてもらうこと。そうした方向に我々の知見を役立ててもらいたいと思っています。

**メーユ :** カーボンニュートラルと、災害対策。その両面から、みんなで協力できるようにしたいな。

ところで、「人材育成」というのは、具体的にどんなことですか？

**高藪 :** 気象について興味がある人は、社会に結構な割合でいると思うのです。そういう人たちが大学で育てていくのが私の仕事ですが、まずは、こういう研究を社会に知ってもらって、興味を持ってもらうことが第一ステップですよ。最近では小学生の頃から温暖化などについて習っていて、環境問題などの基本は勉強していると思うのですが、専門に進んでくれる人はなかなかいないので、もっと増えたらいいなと思っています。

例えば、衛星リモートセンシングや気候モデル開発などの仕組みを知ってもらって、実際に少し手を動かしてもらい、興味を持って進んでもらうなど、実は、入門編というようなプログラムがいろいろあるのですよ。JAXAなどの教育プログラムもありますし、大気海洋研究所でも他の大学と共同で、学生にモデル利用やひまわりデータを体験してもらうといったプログラムもあります。それをより充実させて、興味を持って進んでくれる人を増やしたいですね。より多くの学生さんや社会の人たちに興味を持っていただけたらなと思っています。

**メーユ :** 気象や気候の研究って、こんなふうに進められているんだ~ということがわかると、面白いですよ。そういえば高藪先生は、高校時代は生物部の植物班所属で、植物採集をしていたけれど、大学では南極の氷コアを深く掘って調べると昔の気候がわかる、という話から興味湧いて、地球物理学に進んだそうですね。「社会の役に立つ」ということも大事だけれど、自分の興味や好奇心に従って道を進んでいくことも大事ですよ？

\*3 二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの人為的な「排出量」から、植林や森林管理などによる「吸収量」を差し引いて、合計を実質的にゼロにすること。

高数：社会の役に立つといった、そういうモチベーションも大事なのですが、何をやったら役に立つのかということは、今の時点では実はわからないですよね。何が大事・何が大事でないということは、理解を深めることにおいて、優劣をつけられるものではありません。ですから、自然の仕組みの中で、自分が不思議に思い、もっと理解したいなと思ったところ、自分が興味を持って、自分の力でもっと知りたいと思ったところを選んで、そこに踏みこんでいくことがいいと思いますね。何か自分の手応えのあるものを掘り出せるまでには、混沌とした状態があるけれども、好きなことにはファイトも出ますし、持続的にやる気を持って頑張れるということもあります。

もちろん気象や気候もやることいっぱいなので、仲間に加わってほしいですが、それに限らず、若い人には自分が興味を持てるものに対して理解を進める面白さ、その喜びを味わってほしいと思います。

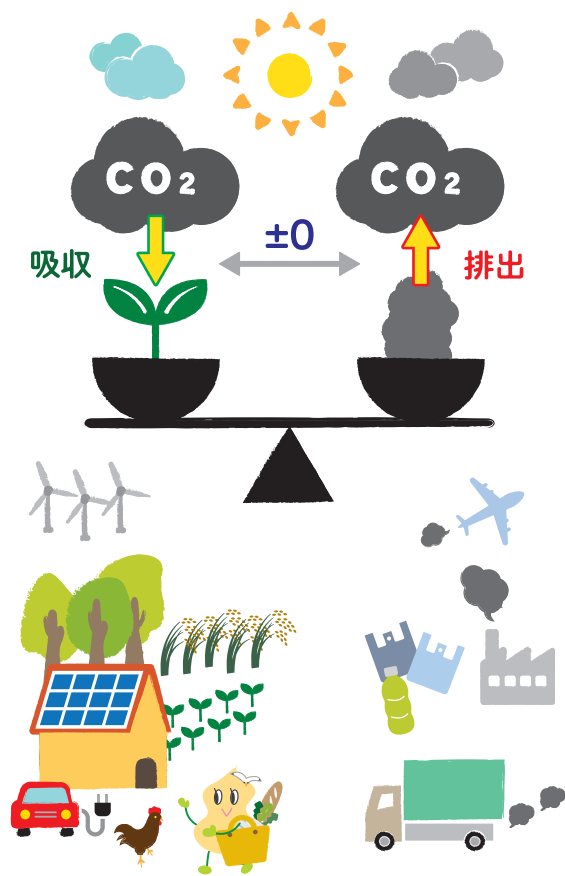


図 11：カーボンニュートラル：脱炭素社会へ

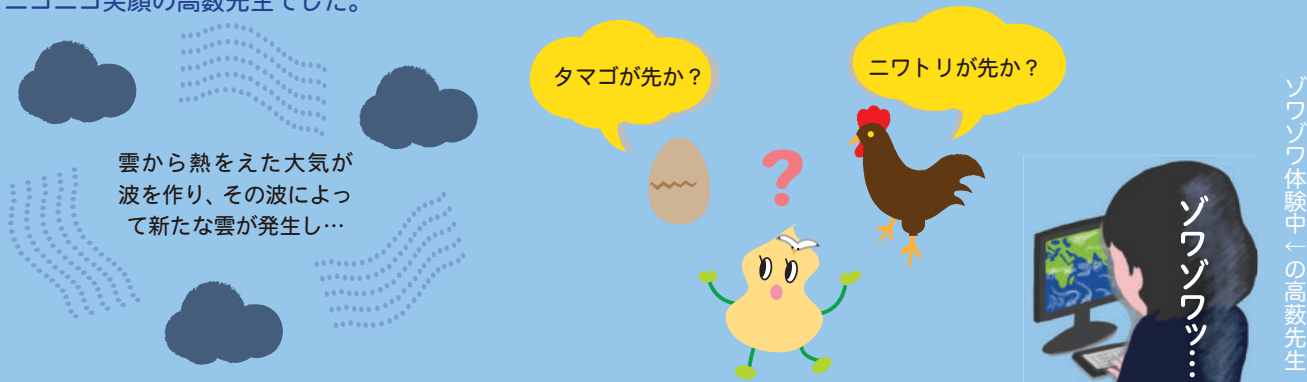
## インタビューこぼれ話

## ゾワゾワの喜び体験を味わって

高数先生は、熱帯の雲に注目した研究を長年続けています。雲の生成と大気の流れの相互作用を明らかにした「熱帯における雲分布の力学に関する観測的研究」では、自然科学の分野で顕著な功績をおさめた女性科学者に贈られる「猿橋賞」(2007年)を受賞しました。この研究は、雲から熱を得た大気が波を作り、その波によって新たな雲が発生し、さらにその雲が大気に熱を与えるという、雲が生まれることと大気の流れとが、お互いに原因でもあり結果でもある関係性を持っていて、それには一定の規則性があることを解明したものです。さらに、熱帯の雲が数千キロメートル規模の大集団となって、約1ヶ月かけて地球を一周し、エルニーニョ現象の終息に役割を果たしている事実を発見しました。これまで別々に研究されてきた、時間的・空間的にさまざまなスケールを持った事象を1つのモデルとして統合し、気象が変わり動く様を表現したのです。

「熱帯の雲の研究をしていると、全く好き放題にアト-ランダムに雲が出てくるように見えて、そこにはちゃんと大気の流れと結びついた仕組みがあるのです。その仕組みを解明するのは難しく、膨大なデータから何を掘り出すか、掘り出せるかはかなり試行錯誤があり、無駄なこともたくさんしてきました。でも、時々、『これは初めてわかったことだ!』という手応えのある結果が出てくることがあります。その証拠が現れてくるような図が描けて、ゾワゾワとすることがあるのです。今日お話しした豪雨の2つ目の仕組みも、ああわかった!と思えた時はうれしかったですね。」

そう語る高数先生。ゾワゾワの喜びの体験によって、「ではそれがどういった仕組みでできているのか」とさらに先に進むステップになり、モチベーションになるとお話ししていました。若い人たちにはそんな喜びを味わってほしい、とニコニコ笑顔の高数先生でした。



# “暑い”だけじゃない 地球温暖化 4

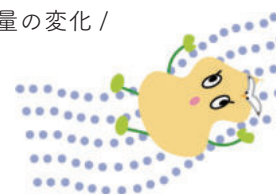
—多様な気候モデル予測から読み取る将来の日本の異常天候—



研究チームの編集による一般向けパンフレットの第4弾が出ました。ぜひご覧ください。

## 【目次より抜粋】

- マルチモデルを利用した将来予測
- 気候変動予測から影響評価・適応研究へ
- ユーラシア大陸から伝わる遠隔気候影響
- 広域豪雨とその将来変化
- 上空の気循環の影響：
  - 梅雨の変化 / 中部日本の冬の降水量の変化 / 日本域降水分布の変化
- 日本近海の夏季異常高温
- 北極海から伝わる遠隔気候影響
- 夏季東アジアの気圧配置
- コラム1：九州で観測される豪雨の仕組み
- コラム2：近年の梅雨前線の活発化



パンフレット1～3も合わせて、下記URLからPDFをダウンロードしてご覧いただけます。  
<https://ccsr.aori.u-tokyo.ac.jp/~takayabu/pamphlet.html> (大気海洋研究所・高数研究室)

「うみそら」は「**Ocean Breeze**」の姉妹誌です。

「**Ocean Breeze**」：大気海洋研究所が2010年より発行している広報誌。HPからバックナンバーをご覧いただけます。

## 別冊 **Ocean Breeze**

### うみそら No.1

発行日 / 2022年3月 (Web公開) 編集・発行 / 東京大学大気海洋研究所 構成・デザイン / 渡部 寿賀子  
 〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5 電話：04-7136-6006 (代表) FAX：04-7136-6039 URL：www.aori.u-tokyo.ac.jp  
 印刷 / 株式会社ヒラマ写真製版

