



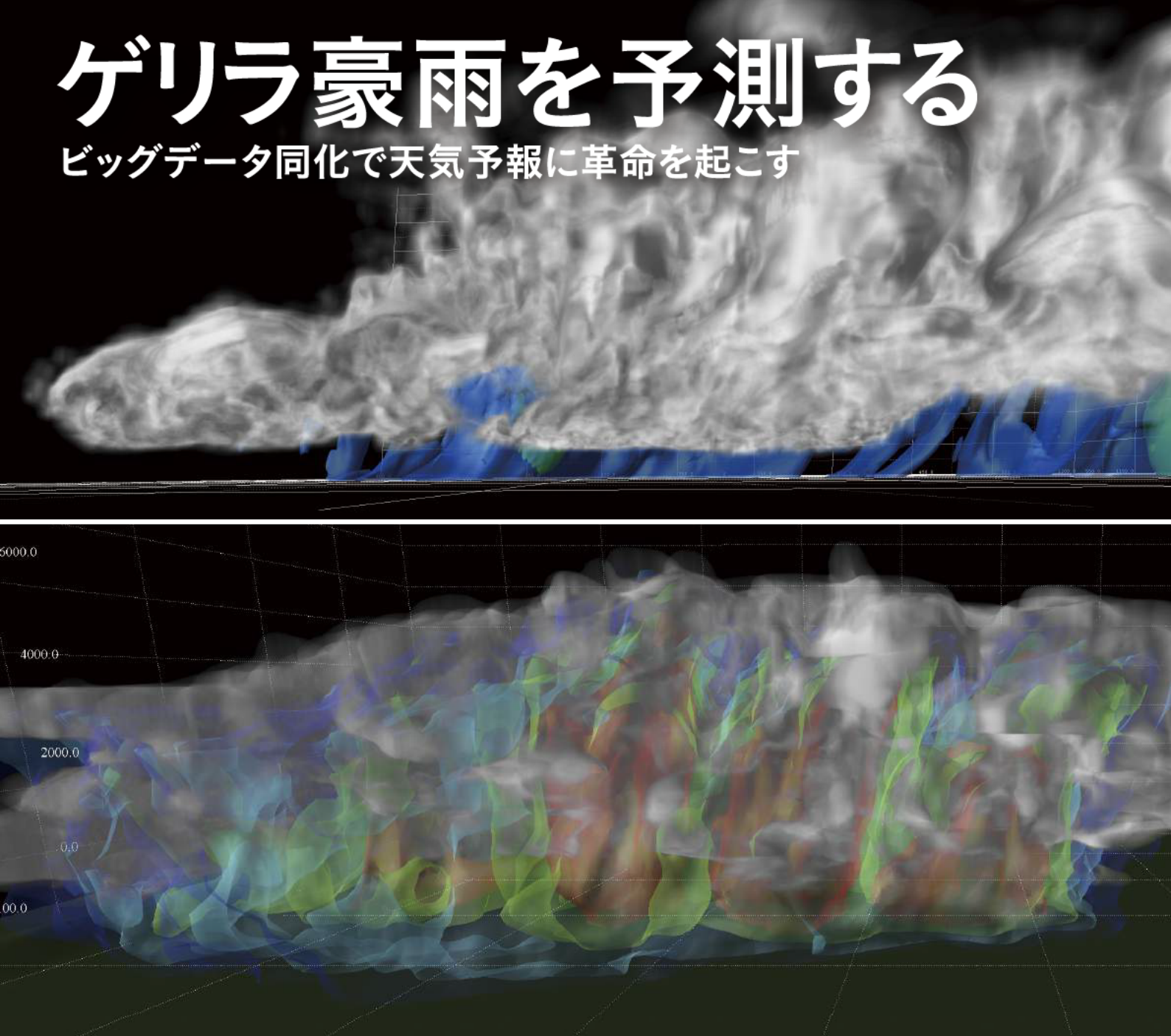
シミュレーションが  
未来をひらく

# 計算科学 の世界

K computer Newsletter  
November 2016 **NO. 13**

## ゲリラ豪雨を予測する

ビッグデータ同化で天気予報に革命を起こす

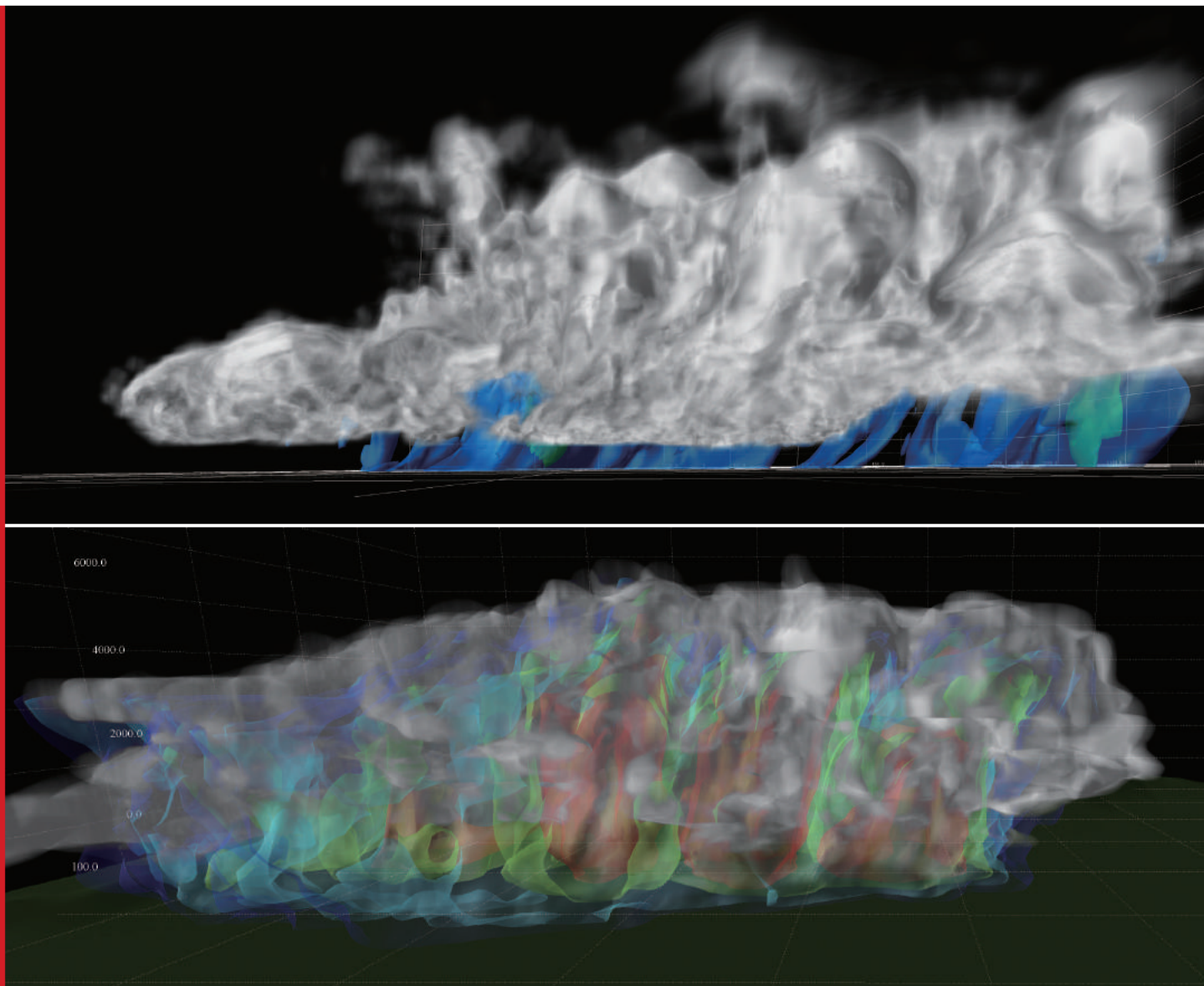


## ゲリラ豪雨を予測する

ビッグデータ同化で天気予報に革命を起こす

三好建正 Takemasa Miyoshi

計算科学研究機構 データ同化研究チーム チームリーダー

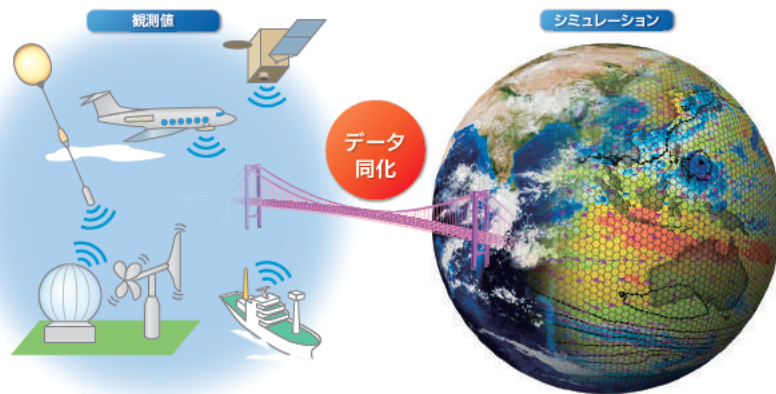


ゲリラ豪雨に見舞われて困ったことはありませんか？

三好さんは、最新鋭のフェーズドアレイ気象レーダから30秒ごとに得られる膨大な観測データと「京」から得られる高精細で膨大なシミュレーションデータを組み合わせる、“ビッグデータ同化”を実現。これにより、100mの解像度で30秒ごとにデータを更新する、革新的なゲリラ豪雨予測が可能になります。

**図1** 解像度100mのビッグデータ同化によるシミュレーション  
赤は強い雨、青は弱い雨を表している。フェーズドアレイ気象レーダの降雨分布や風などの観測データをもとに、雲もシミュレーションしている。上は外形、下は雲の中を透視したもの。





**図2 データ同化**

データ同化は、観測データとシミュレーションの間に橋を懸ける役割をする。天気予報では、さまざまな観測データを数値天気予報モデルを用いたシミュレーションに取り入れることで、精度の高い予測を実現している。

## データ同化とは

「大学では物理学を学び、卒業後は気象庁で天気予報の業務に携わりました。気象予報士の資格も取得しています。このように私は気象の研究者ですが、その中でも専門はデータ同化です」と三好さんは言います。データ同化とは、どのようなものなのでしょうか。

「シミュレーションに観測データを取り込むことを、データ同化といいます(図2)。聞き慣れない言葉かもしれませんが、データ同化は皆さんの身近なところでも使われているんですよ」と三好さん。

それは、天気予報です。天気予報は、ある時点の大気の状態を初期値として数値天気予報モデルを使ってシミュレーションを行い、将来の大気の状態を予測します。しかし、シミュレーションを進めるにつれて予測値が現実世界の値からずれていってしまうという問題があります。そこで、シミュレーションに観測データを取り込んで予測値を修正し、それを新しい初期値としてシミュレーションを行い、また観測データを取り込んで……というように一定時間ごとにデータ同化を繰り返すことで、天気予報は予測精度を上げています。

## 「京」+フェーズドアレイ気象レーダ

計算機の性能の向上によって、大規模で高精細のシミュレーションが可能になってきました。また、センサー技術の発達によって、短時間で詳細な観測データが得られるようになってきました。「データ同化の研究者としては、最先端のシミュレーションと最先端の観測データを組み合わせたらどんなことができるのだろうと、わ

くわくします。それぞれ単独でも大きな価値を持っていますが、組み合わせることで新しい価値を生み出すのも、私たちの仕事です」

三好さんが注目したのは、フェーズドアレイ気象レーダによる観測データです。フェーズドアレイ気象レーダは、ゲリラ豪雨や竜巻などを観測するために開発されました。30秒ごとに、半径60km、高度14kmまでの範囲を観測して、3次元の降水分布を100mの解像度で取得することができます。「最新鋭のフェーズドアレイ気象レーダによって、初めてゲリラ豪雨の前兆から終息までを詳細に観測できるようになりました。その観測データと、世界トップクラスのスーパーコンピュータ「京」による解像度100mの高精細シミュレーションを組み合わせることで、ゲリラ豪雨の発生を事前に予測できるのではないかと考えたのです」

局所的に急激な大雨をもたらすゲリラ豪雨は近年、増加しています。ゲリラ豪雨は日常生活にも大きな影響を及ぼします。災害を引き起こすこともあります。ゲリラ豪雨の発生を事前に知ることができれば、と誰もが思うでしょう。しかし、従来の天気予報では、ゲリラ豪雨の予測は困難でした。

ゲリラ豪雨では、わずか数分の間に積乱雲が発生し急激に発達します。しかも豪雨となるのは局所的で、突然です。それに対して、現在の天気予報は、2kmの解像度でシミュレーションして、1時間ごとに観測データを取り込んでいます。ゲリラ豪雨を予測するには、空間的にも時間的にも粗過ぎるのです。

## ゲリラ豪雨を予測する

三好さんは2016年、ゲリラ豪雨予測手法の開発に世界で初めて成功しました。

図3は、2014年9月11日に兵庫県神戸市を襲ったゲリラ豪雨の例です。左上がフェーズドアレイ気象レーダの観測データです。ゲリラ豪雨の兆候が現れる直前の観測データを初期値として、「京」で30分後までシミュレーションを行いました。左下はデータ同化を行わなかった結果で、雨雲が現れていません。右下は1kmの解像度で30秒ごとにデータ同化を行った結果です。雨雲は出現していますが、観測データとは構造が異なります。右上は、100mの解像度で30秒ごとに得られる観測データを用いてデータ同化を行った結果です。観測データをとてもよく再現しています。

「100mの解像度で30秒ごとのデータ同化というのは、これまで例がありません。先端研究でも、解像度1km、数分ごとでした。まさに桁違いの“ビッグデータ同化”を実現したのです」と三好さんは声を弾ませます。「私はとてもラッキーでした。ビッグデータ同化をやりたい人は世界中にたくさんいると思います。しかし、『京』を使えて、フェーズドアレイ気象レーダの観測データを入手できる人は限られています。もしかしたら、私だけかもしれません」

## 天気予報に革命を起こす

この成果をまとめた論文は米国の科学雑誌『Bulletin of the American Meteorological Society』2016年8月号に掲載されました。「論文のタイトルは、『“Big Data Assimilation” Revolutionizing Severe Weather Prediction』(天気予報を革命する「ビッグデータ同



三好建正 計算科学研究機構 データ同化研究チーム チームリーダー 撮影：奥野竹男

化)。「革命」は言い過ぎだと査読者や編集者から修正を求められるのを覚悟していましたが、そのまま掲載できました。私たちの成果が、超高速・超高精細な天気予報を実現するなど、天気予報に革命をもたらすと認められたのです」(図1)

今後について三好さんは、「ゲリラ豪雨予測システムの実用化には、大きく二つの問題を解決する必要があります。計算速度と予測精度です」と指摘します。

観測データは30秒ごとに更新されますから、観測データを計算機に取り込んでシミュレーション結果とデータ同化する、という一連の処理を30秒以内で終わらせなければいけません。しかし、現在は数分かかっています。約10倍の高速化ができるのでしょうか。三好さんは「最初は1時間以上もかかっていたんです」と笑います。「大丈夫。計算科学研究機構(AICS)には、こういう計算をするには計算機をどう使えばいいかを熟知している計算機

科学のプロがいます。彼らと連携することで、30秒以内で処理できるようになると信じています」

予測精度の問題は、現在は5分を超えると急激に低下してしまうことです。三好さんはシミュレーションに用いている数値天気予報モデルにもその要因があると考えています。現在の天気予報に使っているモデルで、それは解像度数kmのシミュレーションを前提として開発されたため、解像度100mのシミュレーションでは不具合が出てしまうのです。三好さんは、AICS複合系気候科学研究チーム(富田浩文チームリーダー)が中心となって開発したSCALEというモデルを使うことで予測精度が改善されることを確かめています。「SCALEは、もともと高解像度のシミュレーションを想定してつくられています。しかも私たちは同じ建物にいるので、いつでも改良の相談ができます。AICSの研究環境は素晴らしいですね」

### つなぐ——データ同化の魅力

三好さんは、「データ同化の研究者は、まだ少ないんですよ」と残念そうに語ります。「日本では、データ同化を学べる大学が少ないのです。しかし、データ同化は天気予報だけでなく、あらゆる分野のシミュレーションに適用できます。今後ますます、ビッグデータを活かすために、ビッグデータ同化の重要性が高まるでしょう。ぜひ多くの人に、データ同化の世界に入ってきてほしいですね」

データ同化の魅力は？「データ同化は、シミュレーションと観測をつなぐ仕事です。それは、人と人をつなぐことでもあります。つなぐって、とても楽しいですよ」

(取材・執筆：鈴木志乃/フォトンクリエイト)

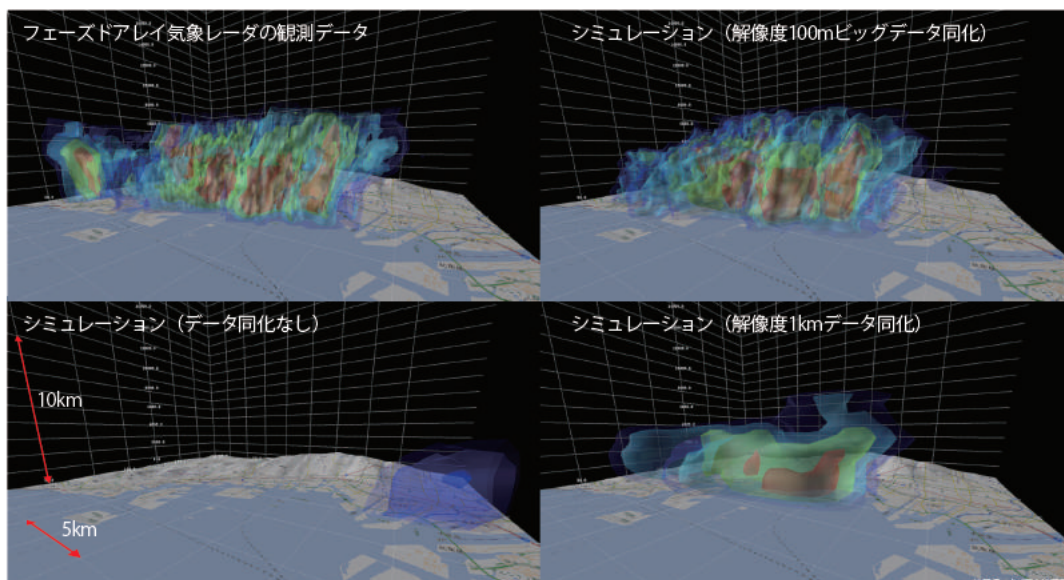


図3 2014年9月11日午前8時25分の神戸市付近における雨雲の分布

解像度100mのビッグデータ同化では、積乱雲内部の微細構造や降水分布が観測データをよく再現している。解像度1kmのデータ同化では、観測データを再現し切れていない。赤は強い雨、青は弱い雨を表している。



# ポスト「京」が目指すこと 第3回

「京」の計算速度を大きく超えるポスト「京」の開発が進められています。ポスト「京」ではいったいどんなシミュレーションが行われるのでしょうか。9つの重点課題からピックアップして紹介します。

## 個別化・予防医療を支援する統合計算生命科学 (課題2)

加齢とともにさまざまな病気の発症リスクが高まります。高齢化が進行する中で、それらの病気の予防や早期発見、個人ごとに最適な治療を行う「個別化・予防医療」が切望されています。ポスト「京」によって初めて実現できる、検査データやゲノム情報などのビッグデータ解析や大規模な生体シミュレーションを行い、

がん・心臓・循環器系・神経系などの疾患の病態の理解を深め、予防・早期発見の手法や個人ごとに最適な治療の探索法を研究します。それにより、個別化・予防医療の支援基盤となる統合計算生命科学を確立し、健康長寿社会の実現に貢献することが目標です。

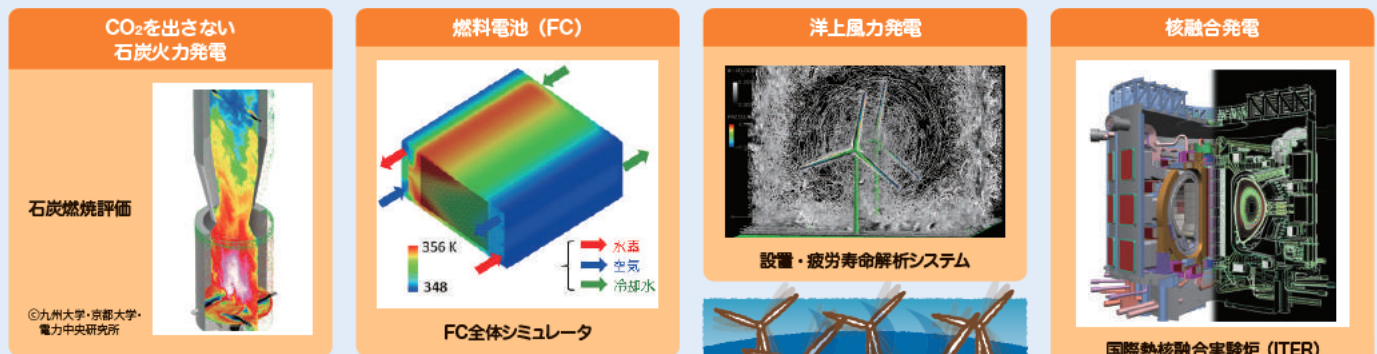


※ Suzuki et al.(2015), Nat. Genet, 47(5):458-68. doi: 10.1038/ng.3273.

## 革新的クリーンエネルギーシステムの実用化 (課題6)

コストや環境に対する影響、安全性や資源量などあらゆる面で優れたエネルギー源はありません。複数の革新的クリーンエネルギーシステムの実用化を進める必要があります。ポスト「京」により、巨大なエネルギーシステムの中で起きるさまざまな現象の過程を、条件を変えて何度でもシミュレーションできるようにします。その

ようなシミュレーションにより、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を出さない石炭火力発電の鍵となる石炭ガス化炉、低コストで耐久性の高い燃料電池、洋上の大規模な風力発電施設、核融合発電の実用化を加速します。



# 聞いてみよう！ 研究者に

**目に見える形へ**——小野さんは、シミュレーションで出た結果を可視化する、つまり、結果を目に見える形で表現することが専門です。小さい頃からコンピュータに興味があり、中学生の時にコンピュータを買ってもらったことで、ますますのめり込んだそうです。大学を卒業後、一般企業に就職した後、ワシントン大学の客員研究員や、数々の大学の客員教授を歴任してきました。現在は九州大学の情報基盤研究開発センターの教授であり、理研の研究チームリーダーでもあります。そのようにさまざまな仕事を経験し、現在も2つの仕事を兼務し、両立している小野さんにお話を伺いました。



可視化技術研究チーム  
リーダー  
の  
小野 謙二

大分県立日田高校卒業。流体力学が専門なだけに、熊本大学卒業後、日産自動車→東京大学→理研→...→九州大学と流れ着く。趣味はトライアスロン(20代)、今はガーデニング(食べられるものだけ)と料理。

## interview

神戸女学院高等学部 化学部有志

**Q** そもそも「シミュレーション結果を可視化する」とは？

**A** シミュレーションをすることで、現実には再現できないことや起こりえないことが評価できます。例えば、計測が難しい管の中の温度変化をシミュレーションして可視化することで、どのようにして管が傷むのか理解を深めることができます。また、現象を可視化して理解することで、工業製品の設計の考慮不足のために起こる意図しない事故を防ぐこともできます。

**Q** 高校時代に一番頑張ったことは何ですか？

**A** 自転車です。足をつかずに近所の山を登り切ることです(笑)。他の人が呆れるようなことでも、自分がやりたいと思ったことならやり切るといふこだわりを強く持っていたように思います。3回目の挑戦でようやく成功しました。2時間30分もかかりましたね。

**Q** 今私たちがやっておくべきことは何ですか？

**A** 自分の興味のあることを見つけて掘り下げていくことです。興味のあることって学校では教えてくれないんですよね。だからこそ、自分で学ぼうとすることで考える力が育つのではないのでしょうか。ちなみに私は数学と理科が苦手でしたが、コンピュータは好きでした。それが今の仕事に結びついていると思います。

**Q** 2つの仕事を兼務していますが、両立するための時間のやりくりのコツは？

**A** やらなければならないことの優先順位をつけるようにしています。できないことは他の人にまかせることも大切だと思います。

**Q** ご自身の短所は何ですか？  
また、それをどう克服していますか？

**A** めんどくさがりなところ。優先順位が高いものを後回しにしてしまうことがあります。なので、目標を達成したら、自分にご褒美を与えたり、「これをするのでこんなにいいことがある」とプラス思考をしたりすることによって、モチベーションを上げています。

**Q** ワシントン大学に客員研究員として行った時、どう感じましたか？

**A** 海外の方は議論好きだと感じました。そうした方たちと一緒に過ごすことで、納得いくまでとことん話し合っ自分の意見を主張する力を付けることができました。

**Q** 研究をする上で大切だと思うことは何ですか？

**A** 2つあると考えています。1つ目はあきらめないこと。あきらめなければいつかなんとかなる可能性があるからです。2つ目は、多方面から物事を考えること。そうすれば視野が広がり、新しい考えを得ることができるようになります。

### インタビューを終えて

私たちは、仕事を両立している研究者の方から、時間を上手くやりくりするコツを伺いたいと思い、取材をさせていただきました。取材を通して、日常生活で活かせることから、将来の研究において活かせることまで、さまざまなことを学ぶことができました。小野さんは高校生の私たちにも分かるように自身の研究について説明してください、改めて科学の世界に魅了されました。そして、言葉の端々に織り込まれたユーモアから伝わってくる人柄にも引きつけられました。また「身近なところにチャンスは転がっているものだ」という考えには胸を打たれました。小野さんの核心を突く言葉は、人生の分岐点に立たされている私たちにとって大きな励みとなりました。最後に

なりましたが、今回の取材に関わってくださった全ての方々に感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

(取材・執筆：泉谷里奈、山根直美、島田美希、吉村厚美、小山莉奈、中野七帆)

