



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
October 2017

NO. 15

津波による
建造物などの崩壊を
粒子法で予測して
防災へつなぐ



理化学研究所
計算科学研究機構
RIKEN Advanced Institute for Computational Science

津波による建造物などの崩壊を 粒子法で予測して防災へつなぐ

浅井光輝 Mitsuteru Asai

九州大学大学院工学研究院 社会基盤部門 構造解析学研究室 准教授

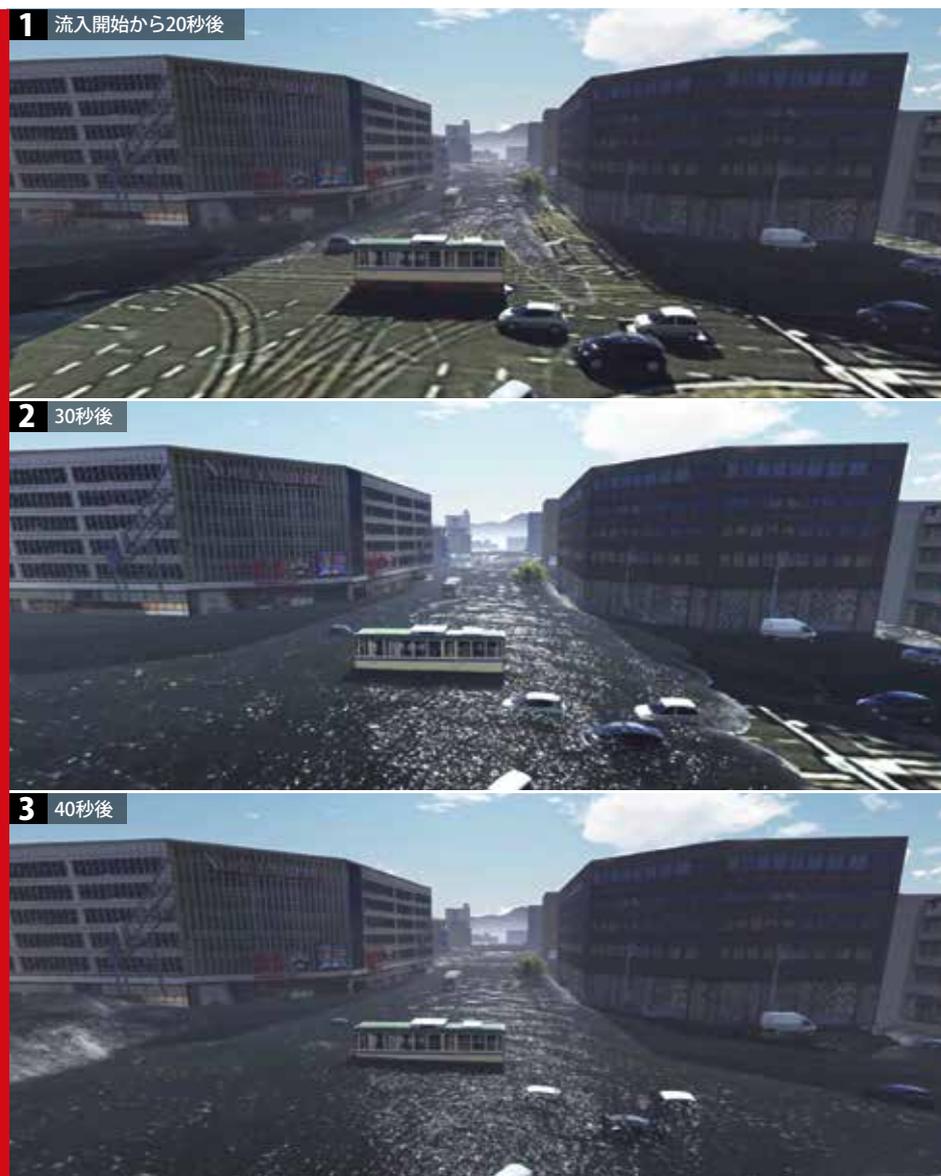


図1 「京」により粒子法で再現した津波の遡上

津波により街にある橋や堤防などの建造物が壊れる様子をシミュレーションすることは難しいのが現状です。浅井さんは、それを「粒子法」によって実現し、優先的に補強すべき橋や堤防を予測して防災につなげることを目指しています。

粒子法で異なる物理現象をつなぐ

「子どものころ、横浜ベイブリッジや明石海峡大橋などの建設が進められていて、私も大きな橋をつくる土木の仕事に就きたいと思いました」

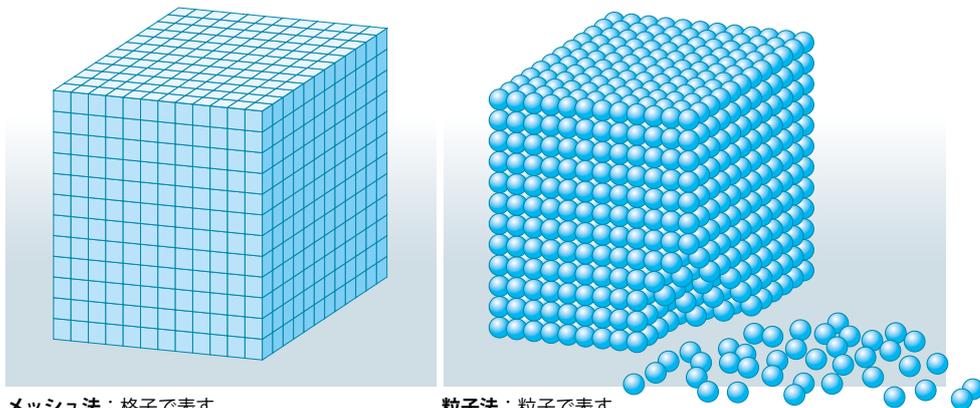
そう語る浅井さんは岐阜大学工学部土木工学科に進学。「卒業後、ある企業に就職して橋の建設に関わりたいと思いましたが、大きな橋の建設計画はないことを知り、東北大学の大学院に進みました」

そこで浅井さんは、建造物が壊れる過程を計算するシミュレーションに興味を持ちました。「建造物が壊れる直前までの計算は行われていますが、その後の壊れる過程の計算はほとんど行われていません。それは難しく面白そうなテーマだと思ったのです」

浅井さんは学位を取った後、米国などでの研究を経て、2007年に九州大学に着任。「日本では耐震設計が進み、かなり大きな地震のゆれでも建造物が壊れることは少なくなりました。しかし、津波や豪雨、土砂崩れなどでしばしば建造物が壊れます。私は津波により建造物が破壊される過程のシミュレーションを目指した研究に取り組み始めました」

浅井さんは、それを「粒子法」によって実現しようとしています。地球温暖化の予測や天気予報などでは、大気をメッシュ（格子）に区切って計算します。「メッシュはつながっている必要があります。大気は亀裂が入ることはないのよいのですが、建造物が壊れる過程では亀裂が入ったりするのでメッシュ法は向いていません。一方、粒子法では津波や建造物が仮想粒子でできているとして計算を行います。仮想

図2 メッシュ法と粒子法の違い



メッシュ法：格子で表す。
格子はつながっている必要がある。

粒子法：粒子で表す。
粒子ならば自由に動かせる。

粒子はそれぞれ自由に動くことができるので、建造物に亀裂が入って壊れたり、波しぶきが上がってまた海面に吸収されたりする様子を表現することができます」(図2)

粒子法は1970年ごろに天体衝突を計算する手法として開発されました。さらに1995年には、流体の計算にも使われ始めました。「メッシュ法などに比べて粒子法はまだ新しく開発途上の手法です。津波で建造物が壊れる過程を計算するには、津波のような流体の動きや建造物にかかる力などを一緒に計算する必要があります。そのような異なる物理現象をつなぐシミュレーションは難しいのですが、粒子法ならば可能になると考え、手法の開発を進めています」(図3・図4)

避難・復旧へつなぐ

西日本の太平洋沖にある南海トラフでは、100～150年ほどの周期でマグニチュード(M) 8クラスの地震が繰り返し起きてきま

した。今後30年以内に南海トラフでM8～9クラスの地震が起きる確率は70%程度、その規模は最大でM9.1、犠牲者は最悪のケースで33万人に達すると予測されています。

「東日本大震災では、津波ハザードマップで大きな津波が来ることが予測されていなかった場所でも津波の被害が出ました。そこで、最大規模の地震や津波を想定して防災を図ることが求められるようになりました。しかし、それには膨大なコストがかかります」

浅井さんは、今後、南海トラフで最も起きる確率が高い規模から最大規模まで、複数の地震シナリオについて、津波により実際の街にあるどこの建造物が壊れるのか、シミュレーションにより予測することを目指しています。

「避難行動や復旧活動のシミュレーションの開発も進められています。それらと組み合わせ、避難・復旧に重要な橋や堤防の中で津波によって壊れる可能性が高いも

のを特定することで、どの橋や堤防から優先的に補強を行うべきかといった議論につなげていくことができます」

従来の解析法と新しい解析法をつなぐ

浅井さんは、街全体を対象にした津波による建造物の破壊シミュレーションをポスト「京」で実行する計画です。そのために現在、「京」などを用いて計算手法の開発・改良を進めています。

「現在の津波シミュレーションは、水面の流れと水深という2次元の計算のみで、上下方向の流れも含めた3次元の計算はしていません。地震発生域から海岸までは2次元計算で津波をうまく再現できますが、避難行動に重要な津波が陸上を遡上する過程や各地点での到達時間はうまく再現できません。3次元計算を取り入れることで、それらを高精度で再現できる可能性があります」

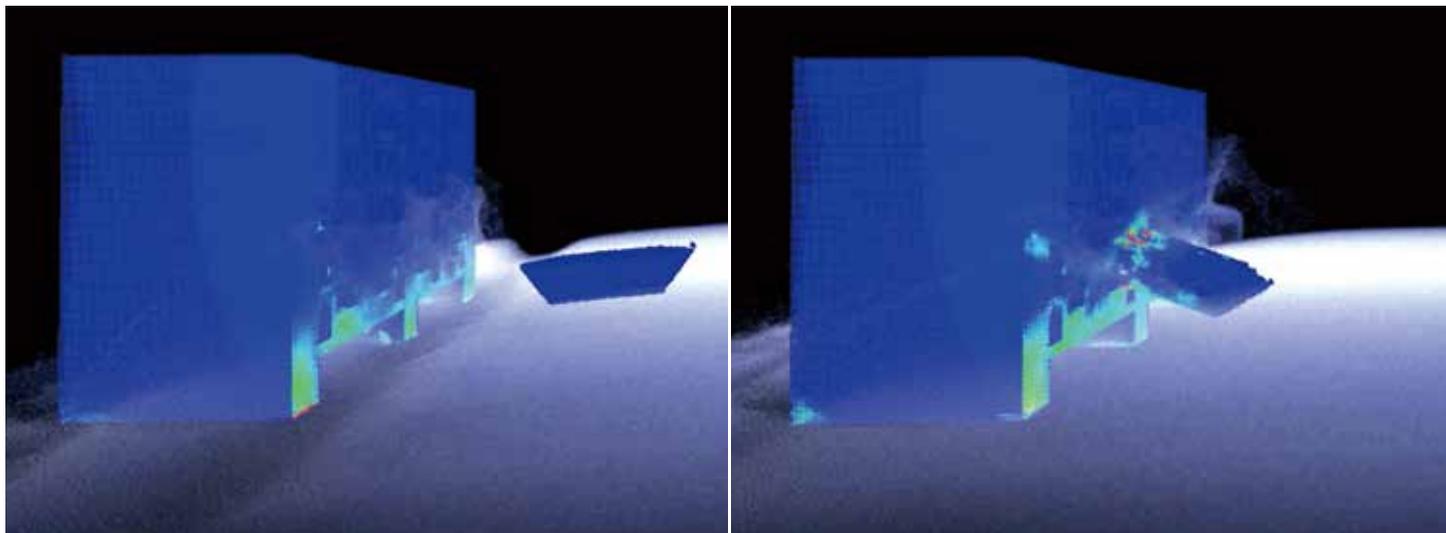


図3 粒子法で解析した、津波で船が建造物にぶつかる過程



構造解析学研究室の研究報告会の様子



浅井光輝 九州大学大学院工学研究院 准教授

撮影：奥野竹男

街全体を襲う津波のシミュレーションは、2次元ならばパソコンでも計算可能ですが、3次元では計算量が多いため、「京」などのスーパーコンピュータが必要です。「3次元計算にもいろいろな手法がありますが、私たちは粒子法による3次元計算を『京』で行い、従来の2次元計算の津波シミュレーションと比較して、どこまでは2次元の計算で再現できるのか、どこからは3次元で計算した方がよいのかを突き止めようとしています。計算量が多い3次元計算に全て置き換える必要はありません。従来の2次元計算と3次元計算をうまくつないで街への津波の遡上過程や到達時間を高精度で再現し、そして将来、ポスト『京』では建造物の破壊シミュレーションを行いたいと思います」

市民と防災をつなぐ

防災には、私たち一人一人の地震や津波に対する知識や備えも重要です。「何も起

きていないところで避難訓練をしても実感が湧きませんよね。私たちは、『京』で計算した街に津波が遡上する映像と歩行コントローラーを組み合わせた体験システムを開発しました(表紙・図1)。仮想粒子の直径を50cmにすることで、膝下の浸水も表現できるなど、リアリティーのある映像をつくることができるようになりました」

そのシステムにより、津波からの避難を体験することができます。ただし、津波からうまく避難できるように訓練することが目的ではない、と浅井さんは言います。「どんなにうまく避難しようとしても、津波が見えてから逃げたのでは遅いことを体験してもらうためのシステムです」

世代をつなぐ

浅井さんが粒子法の研究を始めたころ、研究成果を論文に投稿しても、門前払いされることもあったそうです。「粒子法に

関する研究実績がなかったからでしょう。門前払いされた研究成果を、別の雑誌に投稿して掲載され、それが今では多くの研究者に引用されています。最近では門前払いされることもなくなりました」

浅井さんが准教授を務める構造解析学研究室には現在、20名近くの学生が在籍しています。「特に東日本大震災後、津波シミュレーションを学びたいと多くの優秀な学生が集まるようになりました。粒子法にもいろいろな定式化(現象を数式で表現すること)があり、私なりに納得した定式化による研究課題を学生に与えています。でも、すぐにうまくいくわけではありません。するとその定式化を諦めて、ほかの定式化を試そうとする学生もいます。そんなときは、「すぐに駄目だと諦めるな。自分で駄目な理由を証明してごらん」と指導します。問題点をしっかり考え抜くことで、やがてその定式化でうまくシミュレーションができるようになります」

高精度の津波シミュレーションを行うには、街の地形や建造物に関する精度の高いデータが必要です。「良い研究成果を示さないと精度の高い情報は集まりません。学生たちにも協力してもらった津波シミュレーションの研究成果に、行政の人たちも注目してくださるようになり、精度の高いデータが集まるようになりました」

浅井さんは粒子法を発展させてさまざまなものをつなぎ、防災に貢献しようとしています。

(取材・執筆：立山 晃/フォトクリエイト)

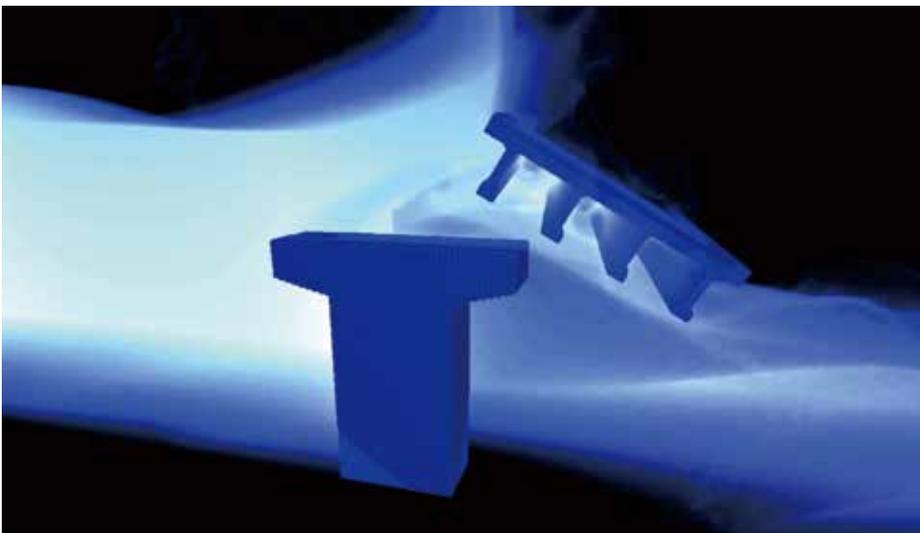


図4 粒子法で解析した、津波による橋桁の流出

ポスト「京」が目指すこと 第5回

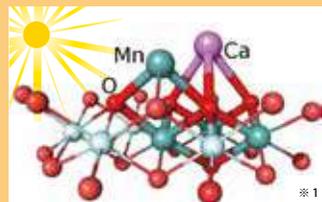
「京」の計算速度を大きく超えるポスト「京」の開発が進められています。ポスト「京」では一体どんなシミュレーションが行われるのでしょうか。9つの重点課題からピックアップして紹介します。

エネルギーの高效率な創出、変換・貯蔵、利用の新規基盤技術の開発 (課題5)

日本と世界にとってエネルギー問題の解決は最重要課題の一つです。エネルギーをつくり、蓄え、うまく利用するためのシミュレーションに取り組みます。これまでは、装置や反応の一部、理想的な状況でのシミュレーションが行われてきました。ポスト「京」により、装置や反応の全体、現実的な状況におけるシミュレーションを実現

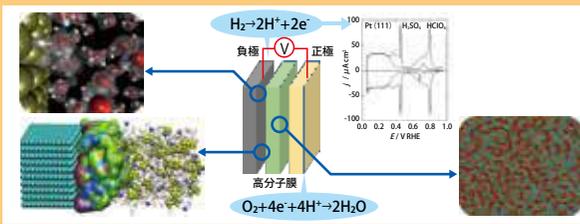
して、多くの原子・分子が関係し合う複雑な現象の仕組みを解明します。それにより、低コストでつくることができる有機太陽電池や高効率太陽電池、太陽光で水から水素を取り出す人工光合成、高性能の燃料電池や蓄電池、日本近海の海底下に豊富にあるメタンハイドレートからメタンを回収する技術などの開発に貢献します。

新エネルギー源の創出・確保
太陽光エネルギー



人工光合成の候補触媒

エネルギーの変換・貯蔵 電気エネルギー

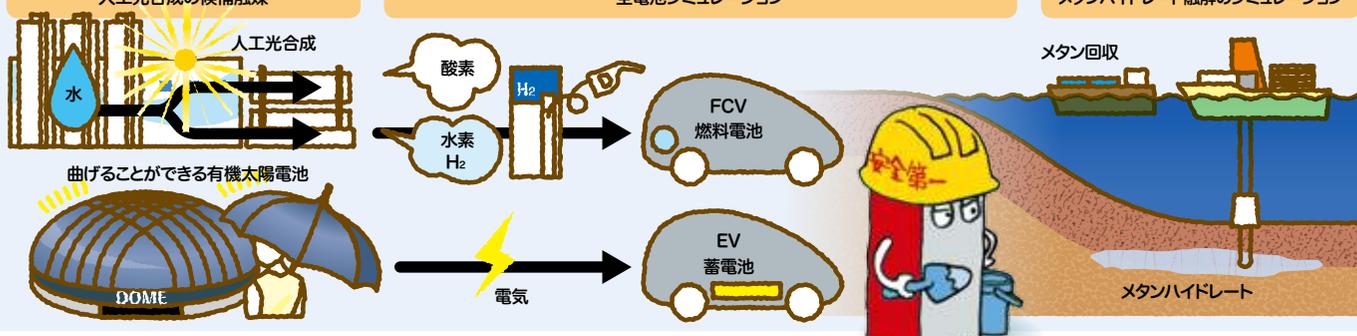


全電池シミュレーション

エネルギー・資源の有効活用
化学エネルギー



メタンハイドレート融解のシミュレーション



※ 1 : Reprinted with permission of Tsui et al.(2013), Inorg. Chem., 52 (24), pp13833-13848. Copyright 2013 American Chemical Society
 ※ 2 : This picture by Masakazu Matsumoto can be reused under Creative Commons CC BY License.

スーパーコンピュータ「京」 関連 おすすめ動画

計算科学研究機構では、「京」によるさまざまな研究成果やポスト「京」開発プロジェクトの紹介、スーパーコンピュータやシミュレーションについてわかりやすく解説する動画などをホームページに掲載しています。

最新の動画

スーパーコンピュータ「京」
創薬シミュレーションが
最先端医療を変える



最先端医療を革新する創薬シミュレーションの紹介です。がんの個別化医療を可能とする分子標的薬の探索や、薬剤耐性の仕組みを分子レベルで解明したシミュレーションにより、副作用の少ない薬が安価ですばやく開発されることが期待されています。

https://youtu.be/H_5AKFXNG10



シミュレーションって
どんなことするの？



「京」では、毎日、さまざまなコンピュータ・シミュレーションが行われています。いったい研究者はどんな作業をしているのでしょうか？
計算科学研究機構を訪れた高校生の大地と怜香と一緒に、研究者の現場をのぞいてみましょう。

<https://youtu.be/400a7GIS1rU>



未来をひらこうポスト「京」
～日本のスーパーコンピュータ開発プロジェクト～



理化学研究所では、「京」の後継機としてポスト「京」スーパーコンピュータを開発中です。人類が抱える社会的・科学的課題の解決を目的として開発されるポスト「京」への期待をわかりやすく紹介します。

<https://youtu.be/x1020-PU87g>





気候変動の原因を探る

梶川さんの専門は気象・気候学で、現在は理化学研究所以外にも大学で教鞭を執るなど、多方面で活躍しています。幼稚園に通っている娘さんをお持ちで、子煩悩な一面もあります。小さい頃から好奇心旺盛、高校時代は部活動も文化祭実行委員も楽しみ、興味あることにはとことん集中するタイプだった梶川さん。現在は、スーパーコンピュータ「京」を駆使して、降水をもたらす諸現象のメカニズムや、熱帯域やアジア域を中心とした気候が将来どうなるのかなどの研究をしています。



複合系気候科学チーム
上級研究員
梶川 義幸

千葉県立薬園台高校卒業後、筑波大学、名古屋大学、ハワイ大学などを流れ流れて理研に。2016年から神戸大学と理研の両機関に勤務。趣味はスポーツ観戦、テニス、一時ダイビング、その昔観劇、そして近年 Public Speaking。



インタビュー 武庫川女子大学附属高等学校 2年生有志

Q.研究に必要なことは何ですか?

A.一番大切な要素は、「なんでだろう?」「なんでこうなるのだろう?」と思うことです。知的好奇心がなかったら研究者はやっていけないと思います。好奇心がないとただの作業になってしまうし、作業ではつらくなると逃げたくなるかも知れません。他人に興味を持つのも必要です。他人がやっていることに興味を持っているか、最低限のコミュニケーションが取れているかが大事です。研究は、決して、視野をどんどん狭くして何かをやっていくということではありません。あと、英語はできた方がいいですね。

Q.研究以外で楽しいことは何ですか?

A.いっぱいあります(笑)。家族と遊びに行ってみんなが笑顔になることが一番楽しいです。僕の家では一日一食は家族全員で食べる決めてしています。家族とおいしいごはんを食べている時も楽しいですね。

Q.尊敬している人はいますか?

A.いっぱいいます。感謝している人もいっぱいいます。何人があげると、両親、小学校の1,2,5,6年の担任の先生、高校の物理の先生、大学院の指導教官、ハワイ大学時代の教授です。小学校5,6年の時には毎日日記を書かされましたが、文章を書く力や感じたことをまとめる力がついたし、継続することの大切さを知りました。今でもその先生とは親交があります。あと、当たり前ですが、両親も尊敬し、感謝しています。いろんなことがあっても、下地を作ってくれたのは親ですから。

Q.発表の場で大切なことは何ですか?

A.相手の目を見ることがです。何かを発表するときは絶対そうします。嘘をついている時は目をそらすでしょ? 原稿は見てもいいけど、できる限り伝えたい相手と目を合わせることで、あとはとにかく練習です。また、英語で発表する時は、単語一つ一つに感情をのせることも大切です。

Q.リケジョについてどう思いますか?

A.男子でも女子でも関係なく自分の意思で興味を持った道に進めれば良いと思います。そこにジェンダーを意識する必要はなく、気にしないでいいと思います。研究職は自由が利く分、結果に責任を持って生活をいろんな形にアレンジできる職業です。また、ある程度実力社会なので、やり方次第でやりたいことはできます。だから、好きなことを一所懸命にやれば良いと思いますよ。

Q.現在の夢は何ですか?

A.日本の天候にも大きな影響を与える太平洋の西側、フィリピン周辺でどうやって雲が立って、どういう仕組みで弱くなったり強くなったりするのか、それが周りの季節進行や気候の変化とどんなふうに結びついているのか。それを解明することは生涯をかけてでもやりたいですね。あとは、健康でいることです。いつ何が起るかかわからないから、一日一日を大切に楽しく生きることを意識しています。



インタビューを終えて

今回は、家庭を持っている研究者の方に取材をしたいという私たちの希望で、梶川さんを紹介していただき、とても貴重な体験となりました。取材を通して、研究する上での心構えや、研究の楽しさについて学ぶことができました。「wantの精神で何でもやってみる」という言葉を聞いて、私たち

挑戦する勇気を持つことができました。最後になりましたが、今回の取材に関わってくださったすべての方々に心から感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

(取材・執筆: 倉原遥、西村隼、伴優奈、山田真緒)

