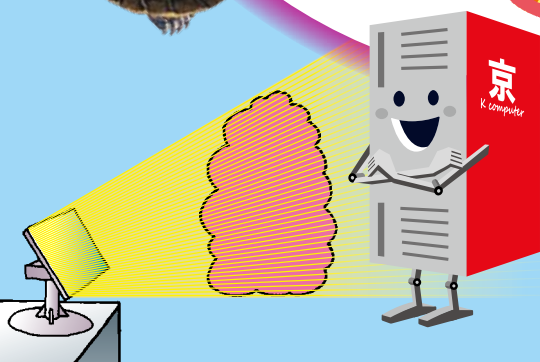
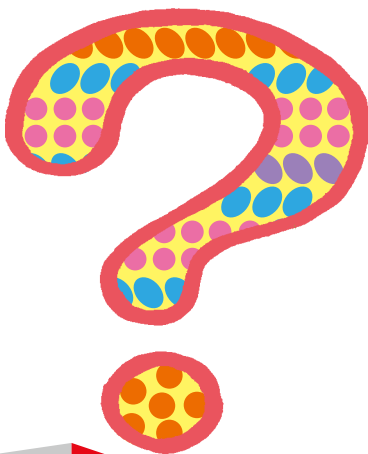


Vol.3

# 理研の博士に 聞いてみよう!





## 理研の博士に聞いてみよう！

世界で初めて113番元素<sup>げんそ</sup>をつくりました。

新しい元素をどのようにしてつくったの？

加速器<sup>かそくき</sup>を使って2種類の元素の原子核<sup>げんしかく</sup>をくっつけました。

もりた こうすけ 博士  
森田浩介

にしな 仁科加速器研究センター  
ちゅうりゅう 超重元素研究グループ グループディレクター

### ● 元素って何？

まわりを見回してみましょう。えんぴつ、紙、水……、いろいろな物（物質）がありますね。物質はすべて「原子」という直接目には見えない小さな粒<sup>つぶ</sup>からできています。原子にはいろいろな種類があって、それぞれ性質がちがいます。たとえば、えんぴつのしんは炭素の原子、水は酸素の原子と水素の原子からできています。炭素や酸素、水素など原子の種類のことを、「元素」といいます。

### ● 新しい元素をつくろう！

「新しい元素をつくっています」と言うと、「元素って、つくれるものなの!?」と驚かれるかもしれませんね。自然界には約90種類の元素<sup>そんざい</sup>が存在していますが、現在知られている元素の中には、人工的につくられることで発見されたものも約20種類あるんですよ。

元素をつくるならば、やっぱり、まだだれもつくっていない新しい元素をつくりたいですね。理研では、新しい元素をつくることをめざした研究を1980年代から始めました。必要な装置<sup>そうち</sup>などがそろったのが2001年。そのとき、112番元素までつくられていました。そこで、113番元素にねらいを定めました。

### ● 113番元素の「113」とは？

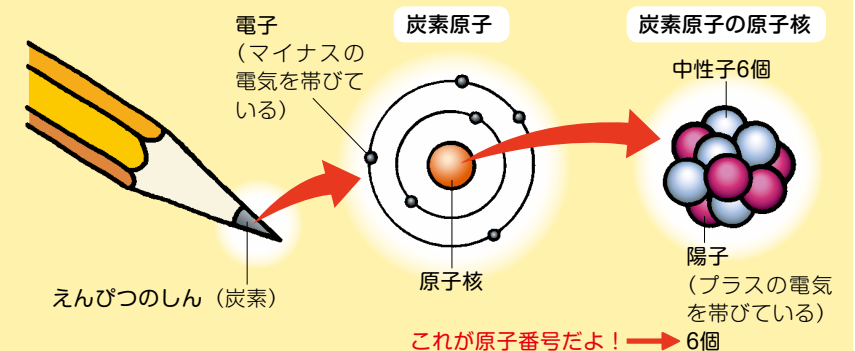
113番元素の113は、元素ごとに付けられた背番号<sup>せ</sup>のようなもので、「原子番号」といいます。炭素は6、酸素は8、水素は1です。その番号は、どのように付けられているのでしょうか？

原子をくわしく見ると、中心には「原子核」が1個あって、そのまわりを「電子」<sup>でんし</sup>が回っています。そして原子核は、「陽子」<sup>ようし</sup>と「中性子」<sup>ちゅうせいし</sup>が集まってできています。この陽子の数が、原子番号になります。つまり113番元素は、原子核の中に陽子が113個ある元素です。

### ● 30+83=113！

113番元素は、どのようにしてつくるのでしょうか。ヒントは、足し算です。113は原子核の中にある陽子の数でしたね。陽子の数を足すと113になる2種類の元素の原子核<sup>しやうとつ</sup>を衝突させて、くっつけばいいのです。組み合わせ

### 原子の構造と原子番号



## 113番元素のつくりかた

亜鉛の原子核の  
ビームを光速の  
10パーセント  
まで加速

衝突してくっつく

原子核が興奮した状態  
(励起状態)

中性子を1個  
出して落ち  
着く

原子番号 **30** + 原子番号 **83** = **113** 番元素  
亜鉛 ビスマス

はいろいろ考えられますが、原子番号30の亜鉛と原子番号83のビスマスを使うことにしました。30+83は113ですね。

## ● 元素をつくることは、とっても難しい

原子核を衝突させて、くっつける——簡単そうに思えるかもしれませんが、実は、とっても難しいのです。

まず、原子核は1兆分の1cmと、とても小さいので、原子核どうしは、めったに衝突しません。陽子がプラスの電気を帯びていることも、難しい理由の一つです。原子番号が大きい元素は陽子の数が多いので、原子核は強いプラスの電気を帯びています。すると、プラスの原子核どうしが反発する力も強くなり、くっつきにくくなるのです。では、反発力に負けないように勢いよく衝突させればいいのでしょうか。それでは相手の原子核をはね飛ばしたり、壊したりしてしまい、うまくくっつきません。

原子核と原子核がうまくくっつくように、ちょうどよいスピードで、しかもたくさんの原子核を衝突させる必要があります。そこで、いろいろな計算や実験をして、113番元素をつくるいちばんいい条件を見つけ出しました。

それが、亜鉛の原子核をたくさん集めたビームを、理研のRIビームファクトリーにあるRILACという加速器で光速の10パーセントまで加速させて、回転しているビスマスの薄い膜に当てる、というものです。

## ● 2004年7月23日、113番元素ができた

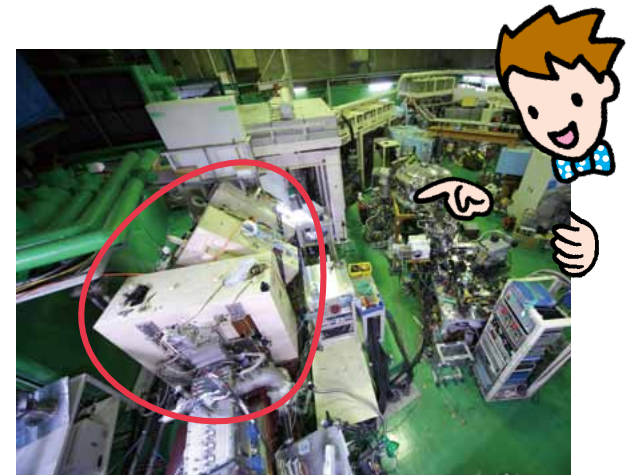
2003年9月から実験を開始！やるだけのことはやったので、あとは待つだけです。縁起をかついで、おさいせんは必ず113円。自転車置き場は113番のところにとめていました。

そして実験開始から10ヵ月後の2004年7月23日、ついに113番元素の原子核が1個つくられたことを確認！2005年4月2日と2012年8月12日にも、1個ずつ確認しました。

113番元素の原子核の寿命は、わずか1000分の2秒です。つくられてから1000分の2秒後には「アルファ粒子」という粒を出して壊れ、別の元素になってしまいます。そんなに短い時間しか存在していないのに、どうしてできた原子核が113番元素であるかわかるのか、不思議に思うでしょう。

原子核どうしを衝突させると、いろいろな種類の原子核がたくさんできます。その中から113番元素だけを、GARISという装置を使って取り出します。そして、113番元素が壊れていくようすを観察して、たどり着いた元素からさかのぼるのです。2012年8月にできた原子核は、アルファ粒子を6個出して、原子番号101のメンテレビウムという元素周期表に載っている元素になりました。アルファ粒子は陽子2個と中性子2個からなります。アルファ粒子を6個出したということは、壊れる前の原子核はメンテレビウム（陽子の数は101個）より陽子を12個多く持っていたこととなります。101+12は？これが113番元素の原子核ができた決定的な証拠です。

113番元素をつくる実験は、24時間体制でのべ600日間行いました。亜鉛の原子核を



### GARIS

原子核どうしが衝突してできたいろいろな種類のたくさんの原子核の中から113番元素だけを取り出す装置



## 113番元素が壊れていくようす

アルファ粒子が6個出て、  
メンデレビウムになった。  
アルファ粒子は陽子2個と  
中性子2個からなる。  
ということは……

メンデレビウムより  
陽子を12個多く持っ  
ていたはずね！



アルファ粒子

113番元素

レントゲニウム  
(原子番号111)

マイトネリウム  
(原子番号109)

ボーリウム  
(原子番号107)

ドブニウム  
(原子番号105)

ローレンシウム  
(原子番号103)

メンデレビウム  
(原子番号101)

$101 + 12 = 113$  だね！



たくさん集めたビームをビスマスの薄い膜に600日間当て続けて、できた113番元素はたった3個！ とっても難しい実験であることをわかっていただけでしょう。しかも、たくさんの人の協力がなければ、できません。

## ● 元素周期表に日本発の元素名「ニホニウム」が載る

新しい元素の発見者は、その元素に名前をつけることができます。113番元素については、ロシアとアメリカの共同研究グループも、別の方法で成功して、自分たちが最初の発見者だと主張していました。どのグループが最初に発見したかは、化学と物理学の研究の取りまとめをしている国際機関がくわしく調べて決定します。

そして2015年12月31日の朝早く、国際機関から電子メールが届きました。そこには「理研のグループが113番元素の発見者であると認めます」と書かれていました。原子核が壊れたあと元素周期表に載っている発見済みの元素にたどり着いたことが、発見者として認められた大きな理由でした。

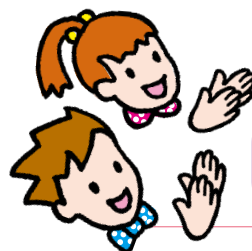
研究グループは、元素の名前とアルファベット2文字の「元素記号」を考えて、国際機関に提案しました。その提案が認められ、2016年11月30日、ついに113番元素の元素名と元素記号が決定したと発表されました！ 元素名は「nihonium（ニホニウム）」、元素記号は「Nh」です。ヨーロッパとアメリカ以外の国の研究グループが元素に名前をつけたのは、初めてです。ニホニウムという名前は、元素周期表に載ります。元素周期表は、中学の理科の教科書や高校の化学の教科書にも必ず出ています。新しい元素周期表を見たら、「ニホニウム」を探してみてください。

## ● 次は119番元素だ！

現在、118番元素まで発見されています。次は、119番、120番と、原子番号がもっと大きい元素の合成をめざしていきます。

「なぜ新しい元素をつくるの？」と聞かれることがあります。113番元素も、これからめざす119番、120番元素も、寿命がとても短いので、私たちの今の生活には直接役に立たないでしょう。でも、元素はすべての物質をつくっているいちばんのもと。それを知ることは人類の知識になり、未来の科学にも貢献します。このような基礎科学は地味ですが、とても大切なのです。

新しい元素をつくることは、わくわくします。私は、この実験が大好きです！ みなさんも、大好きなことを見つけて、それを一生懸命やってほしいと思います。



元素周期表の113番元素の  
ところを指さす森田博士



(文：鈴木志乃／フotonクリエイト)



## 理研の博士に聞いてみよう！

カメのこうらなど動物の不思議な  
“かたち”ができるなぞを探っています。



撮影：奥野竹男

どうやってなぞを解くの？

体ができていくようすを  
いろいろな動物で比べています。

くらたに しげる  
倉谷 滋 博士 倉谷形態進化研究室 主任研究員

### ● カメといえど!?

カメの姿を思いうかべてみて下さい。まず何がうかびましたか？「こうら！」という人が多いのではないのでしょうか。こうらを背負った姿は、昔話やアニメでもおなじみですね。

でも、カメのこうらは、動物の体のかたちを研究している研究者にとっては「いったい、どうやってできたんだ!？」と頭をかかえてしまうほど、とても不思議なものなのです。私は、カメのこうら



#### いろいろなカメ

下から、アカミミガメ、ニシキマゲクビガメ、スッポン。どれも若いもの。

がどのようにしてできるのか、そのなぞ解きに挑戦しています。

### ● こうらって何？

アニメでは、カメがこうらを脱いで逃げる、なんていうシーンがありますね。でも実際は、カメはこうらを脱ぐことができません。カメのこうらは、肋骨という骨が背骨とくっついて板のようになったもので、体の一部なのです。そして表面を、つめと同じかたい物質がおおっています。

肋骨は、みなさんの体にもあります。自分の胸をさわってみましょう。骨がわかりますか。背中から伸びて胸をかこのように取り囲んで心臓や肺などの内臓を守っている骨が、肋骨です。次に、肩の後ろにある骨をさわってみましょう。それが肩甲骨です。みなさんの肩甲骨は、肋骨の外側にあります。

カメも肩甲骨を持っています。ところが、カメの肩甲骨は、肋骨の内側にあるのです。背骨を持っている“脊椎動物”の中で、肋骨と肩甲骨の位置が逆になっているのは、カメだけなのです。

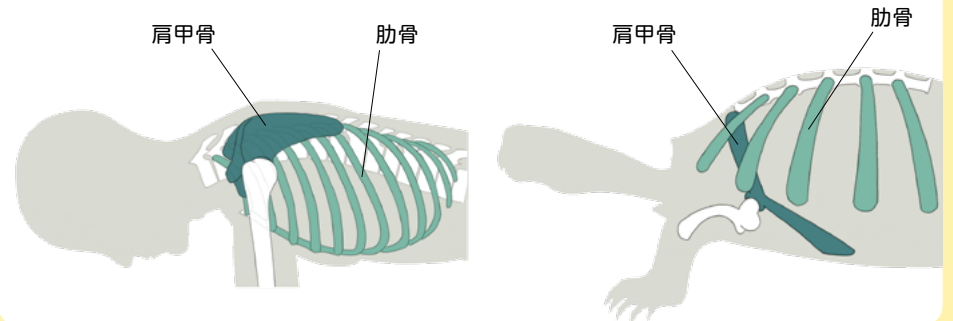
### ● 肋骨と肩甲骨の位置が逆転していると、いけないの？

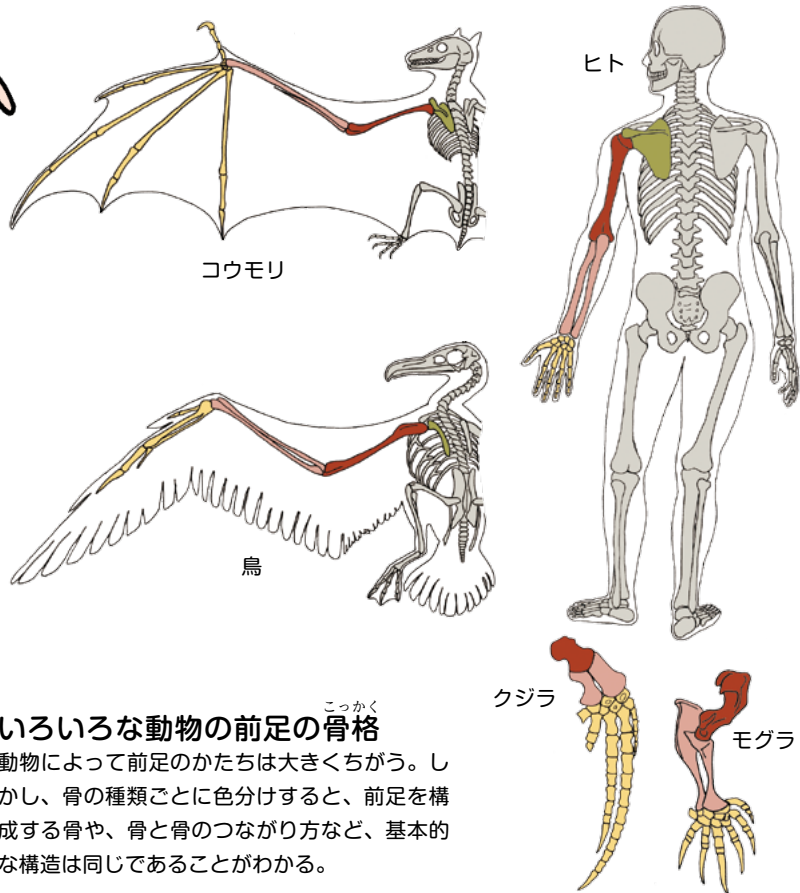
脊椎動物には、魚やカエル、トカゲ、鳥、ヒトなど、いろいろな種類があります。

#### 肋骨と肩甲骨の位置のちがい

ヒト 肩甲骨が肋骨の外側にある

カメ 肩甲骨が肋骨の内側にある





### いろいろな動物の前足の骨格

動物によって前足のかたちは大きくちがう。しかし、骨の種類ごとに色分けすると、前足を構成する骨や、骨と骨のつながり方など、基本的な構造は同じであることがわかる。

みなさんの腕と、鳥の翼を比べてみましょう。ヒトの腕と鳥の翼は、かたちや働きが大きくちがいますね。でも、それを構成する骨や、骨と骨のつながり方など、基本的な構造は同じです。

脊椎動物は、体の基本的な構造はみんな同じで、それぞれの生き方に合わせて、かたちを少しずつ変えているだけなのです。

「肩甲骨が肋骨の外側にある」というのも、脊椎動物の基本的な構造です。カメは、そのルールを破ってしまった、とんでもない動物なのです。

### ●カメのこうらは、いつできる？

卵の中で体ができていくようすを、いろいろな動物でくわしく調べてみました。カメは体づくりのルールを破ってしまっているくらいだから、こうらは、とても早いうちにできているのでは？ そう思うかもしれませんが、ところが、産卵からしばらくの間、こうらは見当たりません。15日くらいたって、ようやく、こうらができてきます。こうらができる前のカメは、鳥などのほかの脊椎動物と、とてもかたちが似ていることがわかりました。

カメは、体づくりの途中までは、脊椎動物のルールを守っているのです。

### ●カメだけに起きるトリックって？

ほかの脊椎動物と途中まで同じだったのに、どうしてカメだけ、肩甲骨が肋骨の内側になってしまうのでしょうか。







カメのこうらができるまで

背骨を持つ  
すべての動物



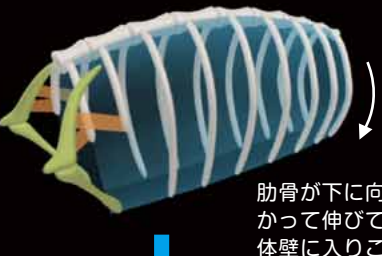
動画を見てみよう！  
もっとよくわかるよ。  
「カメの甲羅はどこから来たか？」  
<http://www.cdb.riken.jp/learningcenter/multimedia/turtle.html>



カメ

カメ以外

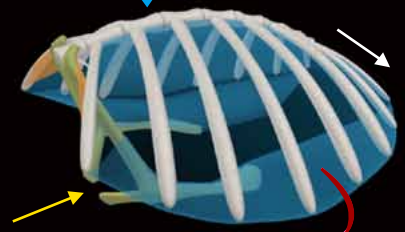
① 肋骨が横に伸びる



③ 肩甲骨が内側に引っ張りこまれる

② 体壁が折れ線に沿って内側に折りこまれる

肋骨が下に向かって伸びて、体壁に入りこむ



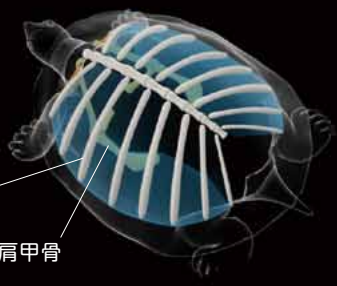
肩甲骨が肋骨の外側で成長

体壁は折りこまれない

肩甲骨が肋骨の内側にある

肋骨

肩甲骨



肩甲骨が肋骨の外側にある

肩甲骨  
肋骨



どんなに奇妙なかたちをしている動物も、魔法でできたわけではありません。せいぜい手品です。手品ならば、必ずトリック（しかけ）がありますね。肩甲骨と肋骨の位置を逆にするトリックは、体ができていく過程にかかされているはず。そう考えて研究を進め、ついにトリックを見破ることができました。

私たちの肋骨は、胸を囲むように曲がっています。ところがカメの場合、肋骨は曲がらずに横に伸びていきます。これもカメとほかの動物の大きな違いですが、これだけでは肩甲骨と肋骨の位置は逆になりません。カメは、“体壁”というところに“折れ線”があるのです。体壁とは、内臓を守るように取り囲んでいる筋肉などをいいます。

肋骨が横に伸びていくのにもなって、体壁が折れ線に沿って内側に折りこまれます。すると、体壁と筋肉でつながっている肩甲骨が内側に引っ張りこまれます。その結果、肩甲骨が肋骨の内側に移動したのです。骨のつながり方は変わっていません。体壁が内側に折りこまれる。たったそれだけで、肩甲骨と肋骨の位置が逆になり、こうらというユニークなもののできたのです。

そのような体壁の折れこみが起きる動物は、カメのほかにはいません。なぜカメでだけ折れこみが起きるのでしょうか。それを明らかにしようと、研究を続けています。

### ● なぞ解きは終わらない

子どものころから恐竜や古生物の図鑑が大好きでした。今でも、不思議なかたちをした動物を見ると、ワクワクします。

カメのほかにも、不思議なかたちをした動物は、たくさんいます。私たちが持っている、あごや、耳の中にある鼓膜、そして脳も、動物の体づくりから考えると、とても不思議なものなんです。それらがどのようにしてできたのか、なぞ解きは、まだまだ続きます。



(文：鈴木志乃／フotonクリエイト)

## 理研の博士に聞いてみよう！

### ゲリラ豪雨の予測を めざしています。

どうやって予測するの？

最新鋭の気象レーダーと  
スーパーコンピュータを使います。

三好建正 博士 計算科学研究機構 テータ同化研究チーム  
チームリーダー

撮影：奥野竹男

### ● 突然の激しい雨！ 困った！！

今まで晴れていたのに、急にバケツをひっくり返したような激しい雨が降ってきて困ったことはありませんか？ 突然、せまい地域だけに、とても激しく降る雨を「ゲリラ豪雨」といいます。ゲリラという言葉には、突然おそって敵を混乱させる、という意味があります。

ゲリラ豪雨が起きると、川の水量が急に増えたり、地下街に水が流れこんだりしてしまいます。しかも、近ごろゲリラ豪雨の回数が増えているため、その被害が大きな問題になっています。

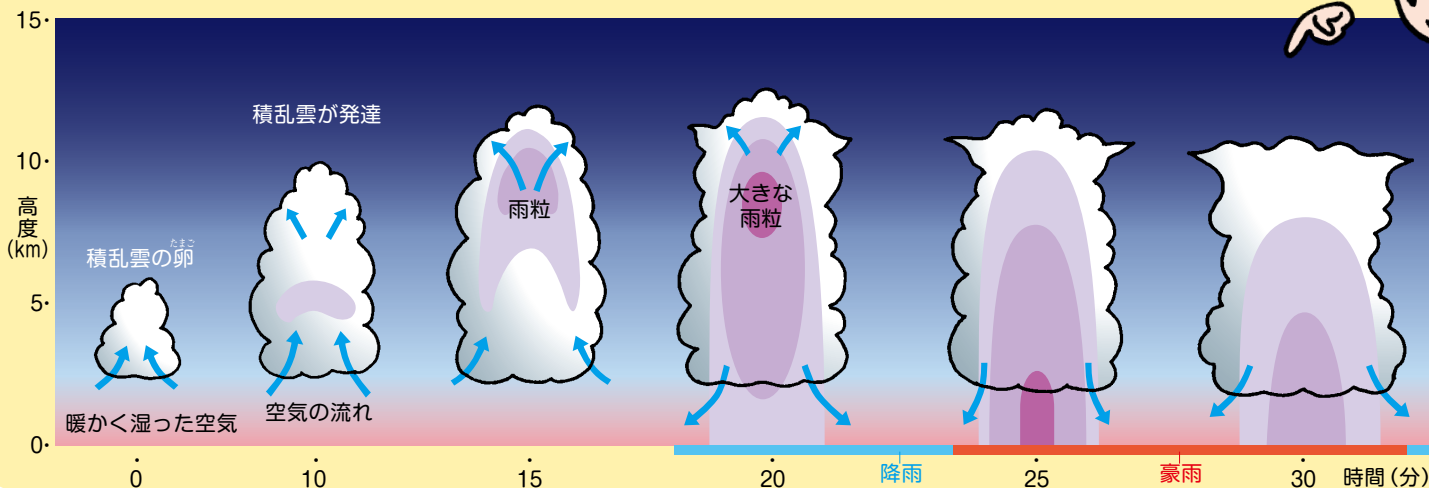
### ● ゲリラ豪雨はどうして起きるの？

「今日は大気の状態が不安定です」。そんな言葉を天気予報で聞いたことはありませんか？ 地上近くに暖かい空気があり、上空に冷たい空気がある状態をそういいます。暖かい空気は上に、冷たい空気は下に行く性質があるため、不安定なのです。ゲリラ豪雨は、大気の状態が不安定で、じめじめと湿度が高い、夏の日によく発生します。

地上近くの湿った空気が夏の強い日差しで暖められると、空気のかたまりが上昇していき、膨張して、温度が下がります。すると、ふくまれていた水蒸気が水滴に変わります。雲の誕生です。雲をつくる小さな水滴を、雲粒と呼びます。水蒸気が水滴に変わるとき熱を出すので、空気のかたまりは暖められ、さらに上昇していき、上空には冷たい空気があり、空気のかたまりには水蒸気がたくさんふくまれているので、それはどんどん上昇し、雲がむくむくと成長します。こうして、背の高い積乱雲ができます。

このとき積乱雲の中では、雲粒がぶつかり合って、だんだん大きな水滴になっていきます。雨粒の誕生です。雨粒は、積乱雲が成長するにつれて大きくなり、また、どんどん増えていきます。やがて雨粒は、浮かんでいられな

### ゲリラ豪雨が発生するようす





くなって落下します。それが、ゲリラ豪雨です。

## ●ゲリラ豪雨を予測できたらいいのに

激しい雨が降ることがわかっているならば、外出を遅らせたり、かさを持っていったりと、準備ができます。天気予報で明日の天気がわかるように、ゲリラ豪雨も予測できたらいいのに……。みなさんも、そう思うでしょう。

私は、大学を卒業したあと、気象庁で働いていました。気象庁では、どのように天気予報を出しているのか、紹介しましょう。

まず、各地にある観測点で気温や湿度、降水量、風向、風速、気圧など大

気の状態を観測します。その観測データをコンピュータに取りこんで、時間がたつにつれてどのように変化するかを計算して、未来の天気を予測しています。

しかし、計算を続けていくと、現実の大気の状態とずれていってしまいます。そこで、ときどき観測データを取りこんで、ずれを直します。これを「データ同化」といいます。精度の高い天気予報のためには、データ同化がとても重要です。私の専門は、データ同化の方法を研究することです。

現在の天気予報では、2km四方ごとに大気の状態を計算して、1時間ご

とにデータ同化を行っています。しかし、積乱雲の幅は数kmしかないので、2km四方ごとでは積乱雲の変化をくわしく計算することはできません。もっと細かく区切って計算する必要があります。

また、積乱雲の卵ができてから激しい雨が降って積乱雲が消えるまで、30分から1時間ほどです。その変化を予測するには、1時間よりもっと短い間隔でのデータ同化が必要ですが、それに使える観測データがありません。

現在の天気予報では、ゲリラ豪雨のような、せまい範囲で急激に変化する現象を予測することはできないのです。

## ●最新鋭の気象レーダー+最新鋭のスーパーコンピュータ

私は2012年ごろ、気象の画期的な観測装置が誕生したという情報を耳にしました。それを使えばゲリラ豪雨の予測ができるかもしれない！とワクワクしました。その観測装置は「フェーズドアレイ気象レーダー」といいます。

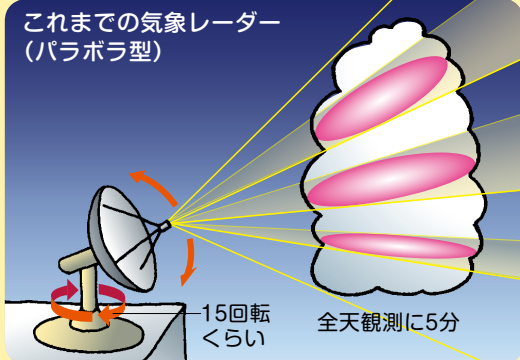
気象レーダーは、雨粒を観測することができます。しかし、これまでのパラボラ型の気象レーダーで全天を観測するには、アンテナの角度を変えて15回くらい回転させなければならず、5分くらいかかっていました。

フェーズドアレイ気象レーダーは、水平方向から頭上まで、すきまなく一気に観測できます。全天を観測するにはアンテナを1回転させるだけでよく、わずか30秒で済みます。しかも、これまでよりくわしく、100mの細かさで観測することができます。フェーズドアレイ気象レーダーを使うと、雲の



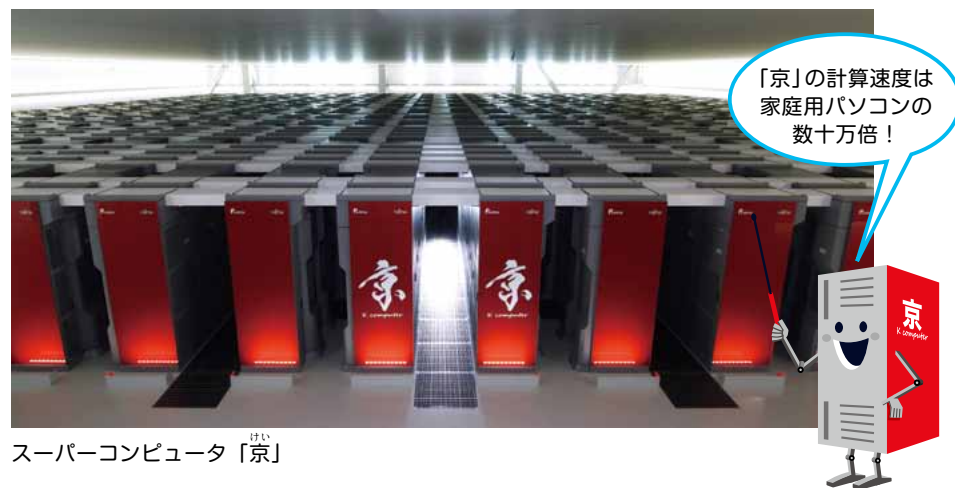
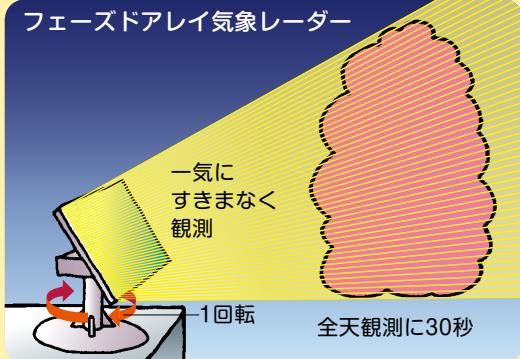
フェーズドアレイ気象レーダーとこれまでの気象レーダーとのちがいを

これまでの気象レーダー  
(パラボラ型)

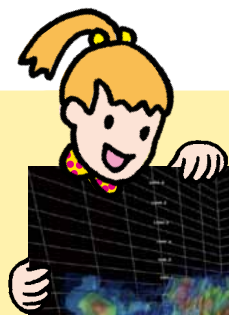


フェーズドアレイ気象レーダー

一気にすきまなく観測



スーパーコンピュータ「京」



## 観測データと計算結果の比較

ひかく

2014年9月11日午前8時25分の  
神戸市付近の雨粒の分布

観測データと計算結果が  
よく合っている

フェーズドアレイ気象レーダーの観測データ

100m四方に区切って30秒ごとに  
ビッグデータ同化を行った計算結果

データ同化をしないと  
観測データとまったく合っていない

1km四方であらく計算すると  
だいたい合っているけれどぼやけている

データ同化をしない計算結果

1km四方に区切って30秒ごとに  
ビッグデータ同化を行った計算結果

地図データ提供：国土地理院

中に雨粒ができたときから雨粒がなくなるまで、30秒ごとの雨粒の動きを、まるでパラパラマンガのように見ることができるのです。

でも、フェーズドアレイ気象レーダーだけでは、ゲリラ豪雨の予測はできません。どのように変化していくかを計算し、データ同化を行うコンピュータが必要です。だいじょうぶ！ 理研の計算科学研究機構には、世界トップクラスの計算性能を持つスーパーコンピュータ「京」があります！

私は、フェーズドアレイ気象レーダーと「京」を組み合わせ、ゲリラ豪雨の予測に挑戦しました。

## ●ゲリラ豪雨を予測する方法ができた！

ゲリラ豪雨の予測では、観測データも計算データも天気予報よりずっと大きくなります。大きな観測データと大きな計算データを結び付けることから、「ビッグデータ同化」と呼んでいます。これはとても難しい技術ですが、

私たちはビッグデータ同化の方法の開発に世界で初めて成功しました。

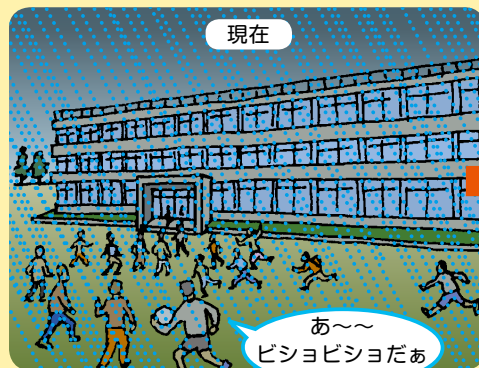
さっそく、2014年9月11日に兵庫県神戸市で発生したゲリラ豪雨について試してみました。フェーズドアレイ気象レーダーによって得られた30秒ごとの観測データを取り入れてビッグデータ同化を行い、100mの細かさで雨粒の動きを計算しました。すると計算結果は、観測された雨粒の動きととてもよく合っていました。この方法を使えば、ゲリラ豪雨を予測できそうです。

## ●30分前にゲリラ豪雨の発生を予測。 2020年代の実用化をめざす。

私たちは、ゲリラ豪雨を30分前に予測して、予測を30秒ごとに更新することをめざしています。そのためには、観測データを取りこみ、ビッグデータ同化を行い、どう変わっていくかを計算する、という作業を30秒以内で終わらせないといけません。今は5分くらいかかっているので、高速化する必要があります。予測の精度も向上させたいと思っています。

ゲリラ豪雨の直前予測が実現したら、雨が降り始める前に建物の中に入ることができたり、危険な川から離れることができたり、きっとみなさんの役に立つことでしょう。私たちの研究がゲリラ豪雨による被害を減らすことに貢献できたら、うれしいですね。2020年代の実用化をめざして研究を進めています。

## ゲリラ豪雨の直前予測が実現したら……



(文：鈴木志乃/フォトンクリエイト)

# 理研の博士に 聞いてみよう！

Vol.3

## ● 発行

理化学研究所 広報室

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1

電話：048-467-4094

Eメール：riken\_news@riken.jp

## ● 取材協力

森田 浩介

仁科加速器研究センター

超重元素研究グループ グループディレクター

倉谷 滋

倉谷形態進化研究室 主任研究員

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

## ● 制作協力：フォトンクリエイト

## ● イラスト・デザイン：岩崎邦好デザイン事務所

理化学研究所（「理研」）は日本で唯一の自然科学の総合研究所です。1917年に創設されて以来100年間、物理学、化学、工学、生物学、医科学など幅広い分野で、基礎科学の研究を進め、社会や産業の発展に役立つ研究成果を生み出しています。研究を進め「新しい知識を得る」ことは、やがて「新しい技術」を生み、それは「文明」となって、われわれ人類が暮らす社会の、文化の礎となります。理研は、人類の知識と生活が豊かになるよう、独創的な研究活動を続けています。



理化学研究所

お楽しみコンテンツ「理研の博士に聞いてみよう！」

<http://www.riken.jp/pr/fun/kids/>