

特集

# 水の惑星「地球」

—生命に不可欠といわれる水はどこからやって来たのか

生命を育んだ惑星“地球”の起源と進化

地球および火星の“水”は  
どこからもたらされたのか

地球内部の水

系外惑星と水・生命

「milsil(ミルシル)」について

milsil(ミルシル)の「mil(ミル)」は「見てみる」「聞いてみる」「やってみる」の「ミル」。そのような「ミル」から、新たな、そして豊かな「sil(シル=知る)」が得られるでしょう。この雑誌とともに、皆様が楽しい「ミルシル」体験をされることを願っています。

## C O N T E N T S

- 3 サイエンス・インタビュー 科学のいま、そして未来  
数学の力で、連続の世界と不連続の世界を結ぶ  
小谷 元子 (東北大学大学院理学研究科数学専攻教授 / 東北大学原子分子材料科学高等研究機構長)

- 6 【特集】 水の惑星「地球」  
—生命に不可欠といわれる水はどこからやって来たのか

- 6 生命を育んだ惑星“地球”の起源と進化  
玄田 英典 (東京工業大学地球生命研究所研究員)

- 10 地球および火星の“水”はどこからもたらされたのか  
白井 寛裕 (東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻助教)

- 13 地球内部の水  
大谷 栄治 (東北大学大学院理学研究科地学専攻教授)

- 16 系外惑星と水・生命  
小宮 剛 (東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系准教授)

- 20 標本の世界  
噴火活動が生み出した火山弾が語るもの  
佐野 貴司 (国立科学博物館地学研究部鉱物科学研究グループ研究主幹)

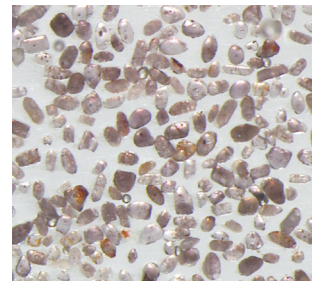
- 22 結晶 原子・分子の世界への入り口 —世界結晶年2014 第2回  
結晶学を進歩させたX線と中性子  
—「X線と結晶」、そして放射光、中性子  
高田 昌樹 (理化学研究所放射光科学総合研究センター副センター長)

- 26 親子で遊ぼう! 科学冒険隊  
#35 スルメイカでせまる!? 巨大イカのなぜ  
窪寺 恒己 (国立科学博物館標本資料センターコレクションディレクター / 分子生物多様性研究資料センター長) 監修

- 30 かたちと科学 最終回  
自然のなかの形、人がつくり出した形

- 32 NEWS & TOPICS  
世界の科学ニュース & おもしろニュースを10分で

- 34 milsilカフェ / 編集後記 / 定期購読のお知らせ / 次号予告



西オーストラリア・ナリア岩体の礫岩中のジルコン (43億5000万年前のジルコンを含む) 写真:小宮剛



表紙

地球をこの角度から見ると海の占める割合が最大になります。水の惑星とよばれ、表面の7割を海に覆われた青い地球の姿は、宇宙人(もし存在するとしたら)から見ても、太陽系の他の惑星とは異質の存在であることに気付くでしょう。地球の水はどこからやって来たのか。かつては火星にも海があったといわれていますが、なぜ地球だけが生命を育む惑星であり続けたのか。その答えのヒントは今号の特集にあるかもしれません。

イラスト:加藤愛一

# 数学の力で、連続の世界と 不連続の世界を結ぶ

数学は物理や化学などと違い、具体的な研究対象がないので理解するのが難しいというイメージがあります。しかし、その物理や化学といった自然科学が発展していくためには、数学の力が不可欠です。

東北大学大学院理学研究科および東北大学原子分子材料科学高等研究機構 (Advanced Institute for Materials Research : AIMR) の小谷元子先生は、「離散幾何解析学」という新たな数学分野の創成・発展に携わり、またその手法を新材料開発に取り入れる試みを始めています。小谷先生が取り組まれている課題について、お話をうかがいました。

## ■ 数学の新分野 離散幾何解析学の登場

なぜ数学の道をめざされたのですか。

実は私は、小学生のころは計算が苦手  
で、算数が大嫌いでした。でも中学生  
になって、数学に対する印象が変わって  
きました。私は気になることがあると、  
授業後に先生に頻繁に質問をしに行く  
生徒だったのですが、数学以外の先生は  
質問に対する返答が「そういうものだから」  
など曖昧で、疑問に対してしっかりと  
答えてもらえなかった印象があり  
ました。ところが数学の先生は、私が抱  
いた疑問に対して論理的にきちんと答  
えてくださいました。

自分の意見を相手に対等に主張して、  
筋道が通っていればお互いが納得でき  
るという過程が好ましく、数学がどんど  
ん楽しくなったのです。数学は年齢など  
関係なく、大人とでも対等に話すこと  
ができる学問だということが、私にとっ  
ては大きな魅力だったのです。

大学進学では、一度は医学部に進んだ  
ものの、私には物事の一番本質的な部分  
は数学が担っていると思えたので、一度  
しかない人生を自分にとって最も大切  
なことに献げたいと考え、数学科に入  
り直しました。

先生がその発展に注力されている

「離散幾何解析学」とは、  
どのような学問ですか。

「離散」とは、連続していない、ば  
らばらに離れて存在している状態の  
ことです。数学には、もともと幾何解  
析学という分野があります。これは幾  
何学と解析学が融合した分野です。  
簡単にいうと、幾何学は図形を理解  
する数学で、解析学は主に微分方程  
式を解いて、その解の性質を調べる  
ものです。解析的な性質を幾何学の  
視点で調べるのが幾何解析学です。

たとえば、この空間のどこかに熱  
源を置くと、熱源から熱が拡散していき  
ますね。解析学で扱っている熱方程式  
は、熱が拡散する現象を表しています。  
ただし、熱の拡散の仕方は、熱源が置か  
れた場所の形によって大きく変わります。  
球形をした物の上に熱源を置いた場  
合と、ペットボトルのように細長くてく  
びれがある形をした物の上に熱源を置  
いた場合では、明らかに熱の拡散の仕  
方が異なります。このように、解析学で扱  
う方程式の性質が、図形によってどのよ  
うな影響を受けるのかということ調  
べるのが、幾何解析学です。

離散幾何解析学というのは、幾何解析



東北大学大学院理学研究科数学専攻教授/  
東北大学原子分子材料科学高等研究機構構長

## 小谷 元子 ことにもとこ

1983年東京大学理学部数学科卒業。理学博士(1990年東  
京都立大学)。東北大学大学院理学研究科助教授などを経て、  
2012年より現職。2008年からは東北大学ディスティング  
イッシュト プロフェッサーを兼務。ドイツのマックスプラン  
ク研究所、フランスの高等科学研究所 (IHES)、イギリスの  
アイザック・ニュートン数理科学研究所など、海外での研究  
歴も豊富。2005年猿橋賞受賞。

学の「離散版」といえます。幾何解析学  
が扱うのが連続的なものであるのに対  
して、離散幾何解析学では不連続、つま  
り離散状態にあるものを対象にしてい  
ます。不連続なものは微分方程式では扱  
えないので、代わりに主に確率論と幾何  
学を使って対象の性質を考えます。

離散幾何解析学はどのような背景で  
登場したのですか。

20世紀は、微分方程式を使った解析  
学によって、数学が大きく発展しました。  
しかし、対象にしてきたのは、主に連続  
した物体や空間でした。ばらばらに点在  
する離散状態を記述する数学の道具がな