



日本地球惑星科学連合ニュースレター Vol. 11

November, 2015

No. 4

## TOPICS

- データ同化の進展と広がり 1  
 氷天体に注がれる熱い視線 3  
 「地球規模の測地基準座標系」に関する  
 国連総会決議 5

## BOOK REVIEW

- 地球温暖化 - そのメカニズムと不確実性 - 8

## NEWS

- 国際地学オリンピック報告 9  
 地理オリンピック報告 9

## SPECIAL

- フェロー授賞記念特集 10

## INFORMATION

15

# JGL

Japan Geoscience Letters

2015 No. 4

## TOPICS 気象学

## データ同化の進展と広がり

理化学研究所 計算科学研究機構 三好 建正

日々の暮らしや防災に役立つ天気予報は、スーパーコンピュータを使ったシミュレーションに基づいている。大気の運動の物理法則により、コンピュータ上に時々刻々と変動する大気の仮想世界を作り出す。この仮想世界が実際の天気をよく表すように、現実世界の観測データを取り込み、コンピュータ上の仮想世界に「同化」させていく。この仮想と現実を結ぶ「データ同化」が予報の精度を左右する。気象学における最先端のデータ同化研究が進んでいるほか、データ同化は気象学を超え、様々な分野に広がっている。データ同化はシミュレーションとデータの双方が駆動する第5パラダイムとも考えられ、新しい科学リテラシーとしての可能性も秘める。

### 天気予報のシミュレーション

日々目にする天気予報は、コンピュータシミュレーションに基づいている。大気を3次元の格子に区切り、各格子での風、気温、気圧、湿度、雲などの気象変数を数値化し、コンピュータ上で大気状態を表す。ある時刻の大気状態がわかれば、それが短い時間でどう変化するかを物理法則からはじき出し、すぐ後の時刻の大気状態を計算する。これを何度も繰り返すことで、時々刻々と変動する大気をシミュレーションする。コンピュータ上の仮想世界である。

気象庁は、日々の天気予報のため、地球全体を水平方向に約20 kmメッシュに区切ったシミュレーションを行っている。日本・アジア周辺域に限った領域では5 kmメッシュ、さらに日本周辺域では2 kmメッシュのシミュレーションを行って、より詳細な天気予報や防災情報に活かしている。また、スーパーコンピュータ「京」を使った最先端のシミュレーション研究では、地球全体を870 mメッシュに区切った世界最高解像度のシミュレーションに成功した (Miyamoto *et al.*,

2013)。図1に示すように、この美しい地球の雲の動きを詳細にシミュレーションし、世界を驚かせた。

### 仮想と現実を結ぶデータ同化

天気予報を行うには、コンピュータ上の仮想世界が現実世界をよく表す必要

がある。そのために、現実世界の観測データを取り込み、仮想世界に同化させる「データ同化」が行われている。具体的には、直近の短時間予報と観測データを組み合わせ、最も確からしい状態を統計的手法により推定する (図2 a)。これを繰り返すことで、時間方向に観測データを積み重ね、精度を向上する。4次元同化と呼ばれる方法である (露木ほか, 2008)。

シミュレーションで表現されているのは、人工的な仮想世界であり、規則的に並んだ格子上の気象変数の変動が計算される。一方で観測データは、地上観測、風船による高層観測などの直接観測の他、気象レーダーや人工衛星によるリモートセンシングなど、多種多様な観測データが空間的にも時間的

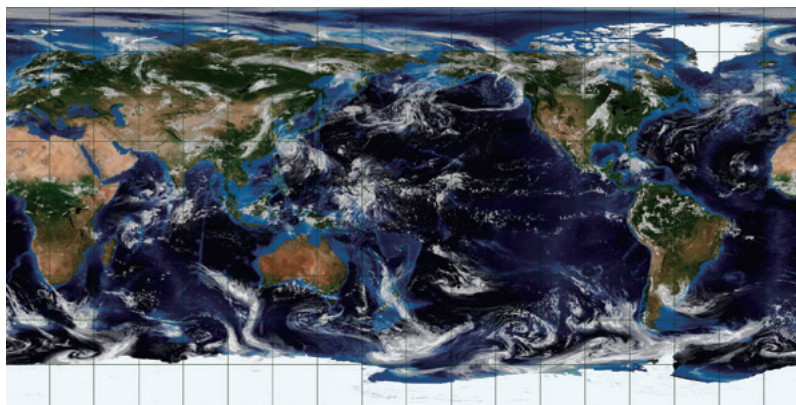


図1 正二十面体型全球大気モデル NICAM を使った世界最高解像度 870 m メッシュのシミュレーションによる雲の画像 (海洋研究開発機構・東京大学大気海洋研究所 (HPCI 戦略プログラム分野 3) および理化学研究所計算科学研究機構の共同研究より理化学研究所 吉田龍二氏提供)。

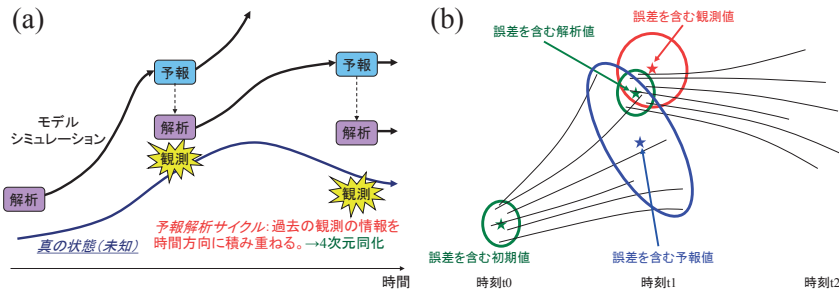


図2 データ同化の模式図。(a) 4次元同化では、短時間の予報に観測を取り込むことを繰り返し、観測の情報を時間方向に積み重ねる。(b) アンサンブルデータ同化では、時刻 $t_0$ から $t_1$ のアンサンブルシミュレーション(黒線)から予報誤差(青楕円)を推定し、観測誤差(赤楕円)と組み合わせて、次の時刻のシミュレーションの初期値となる解析(緑楕円)を得る。

にも不規則に得られる。データ同化は、この不均質な観測データを、均質的な仮想世界に取り込み、統合する。これにより、観測データを取り込んだシミュレーションが可能となり、現実世界に対応した仮想現実をコンピュータ上に作り出して、将来予測を行う。

### 気象データ同化の難しさ

天気予報におけるデータ同化では、大気状態を表す変数の数がおよそ1億のオーダーとなり、観測の数も100万を超えるため、統計推定にかかる計算が膨大となる。世界最高解像度として紹介した全球870 mメッシュの場合、変数の数は6000億を超える。このため、計算量を抑えつつ、精度を上げるための研究開発が重要である。

データ同化では、この膨大な数の状態変数の誤差統計が必要となる。具体的には、各変数の誤差分散や、すべての変数ペアの相関、またさらに高次の統計量である。仮に正規分布を仮定し2次の統計量に限っても、すべてのペアの組み合わせの数は、変数の数の2乗のオーダーとなる。

この膨大な計算を抑えるため、一様性や等方性といった強力な仮定が行われてきた。

たとえば、台風で大荒れの時と、高気圧に覆われて晴れている時とで、大荒れの日の方が一般に誤差は大きく、また誤差の空間構造も大きく異なるにも関わらず、シミュレーションの誤差が同じであると仮定するのだ。

しかし、日々変化する実際の状況を考慮しようとする、表現すべき統計変数が大幅に増える。そこで、複数の同等に確からしいシミュレーションを実行するアンサンブルシミュレーションを行い、そのばらつきから誤差を推定する。唯一の正しい大気状態が分からないから、複数のサンプルで表現する。こうして行うデータ同化を、「アンサンブルデータ同化」という(図2b)。一様性や等方性は陽に仮定しない。

### 世界を驚かせた10240個の全球大気アンサンブルデータ同化

アンサンブルデータ同化では、サンプルの数が重要である。サンプル数は、統計分布の解像度に対応するからだ。1つのサンプルは、1つのシミュレーションである。計算を抑えるため、通常アンサンブルデータ同化では、100個程度にサンプルを限る。表現しようとする1億個のオーダーの変数のさらに2乗のオーダーの統計分布を、高々100個程度のサンプルで表現するので、サンプル誤差が大きく、観測点のごく周辺の強いシグナルしか見ることができない。

そこで、Miyoshi *et al.* (2014) は、「京」を生かし、サンプルを世界最大規模の10240個に増やした全球大気アンサンブルデータ同化を実行した。図3に示す1つ1つの小さな点のように見えるのが、1つ1つの並行世界、地球大気の状態

だ。このばらつきから統計分布を見積もることで、これまで見ることができなかった観測点から遠く及ぶ弱いシグナルを発見した。さらに、統計分布を表現する解像度が変わるため、どの程度正規分布に従うか、高次の統計量がどの程度出現するのか、新しい知見を得ることができる。これにより、少ないサンプル数で効果的なアンサンブルデータ同化の方法を考えることができ、天気予報の精度向上につながる事が期待される。

### 気象データ同化研究の進展

データ同化はシミュレーションとデータをつなぐもので、この双方に駆動されて革新が起こる。コンピュータ技術の進歩によりシミュレーションが高解像度化し、あるいは上述のような大規模なアンサンブル計算が可能となることで、データ同化研究に新たな展開が生まれてきた。一方、新たな観測技術の進化により生み出される最先端研究もある。

2014年2月に打ち上げられた宇宙航空研究開発機構と米国NASAの共同による全球降水観測ミッションGPM主衛星は、その一例である。GPM主衛星は新型の二周波降水レーダーDPRを搭載し、降水の3次元分布を観測する。降水観測データの同化による天気予報の改善は、その統計分布の非正規性や降水プロセスの非線形性などに起因して難しい問題であることが知られており、GPM主衛星の新しい観測データを活かすことは、重要な研究テーマである。

また、コンピュータと観測の双方の技術の進化により可能となる革新的なデータ同化研究もある。筆者らのグループが進めている戦略的創造研究推進事業CRESTによる『ビッグデータ同化』の技術革新の創出によるゲリラ豪雨予測の実証」はその一つである。2015年7月より運用開始した静止気象衛星ひまわり8号は、世界初となる次世代型センサを搭載し、従来よりも50倍程度大きな観測データを得る。また、情報通信研究機構・大阪大学・東芝が共同開発したフェーズドアレイ気象レーダーは、30秒ごとに鉛直100層もの3次元スキャンが可能となり、従来のパラボラ型の気象レーダーの約100倍にもなるデータ量の観測を行う。これら桁違いの観測データを生かせる高解像度シミュレーションが、「京」により可能だ。30秒ごとの高頻度観測データをすべて使い、個々の積乱雲を詳細に表現する30分予報を30秒ごとに更新する「ビッグデータ同化」による革命的天気予報の研究が進んでいる。これにより、最近よく言われる「ゲリラ豪雨」をピンポイントに予測することが可能となるかもしれない。

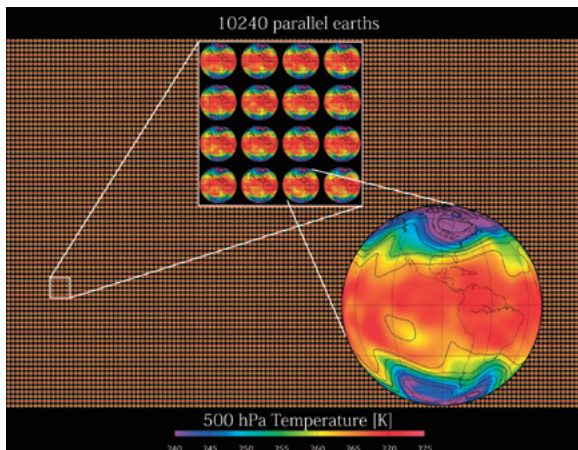


図3 世界最大規模の10240個の全球大気アンサンブルデータ同化による500hPa高度の気温分布(理化学研究所 近藤圭一氏提供)。

## データ同化研究の広がり

以上のように、気象学でのデータ同化研究は急速に進んでおり、関連する研究論文も増えてきた。さらにシミュレーションと観測を結ぶデータ同化は幅広い応用が可能であり、気象学を超えて様々な分野で研究が進んでいる。地球惑星科学に限っても、海洋循環や、陸面、地震、惑星大気など、既にデータ同化の応用が進んでいる研究分野は多い。

たとえば、筆者らのグループでは、個体ベースの陸域生態系シミュレーションにデータ同化を応用する新しい研究に取り組み始めた。個々の樹木や草といった個体を陽に表現するため、地球環境変動による樹木の種類の变化などが直接シミュレーションできる。データ同化により、広範囲で一様な衛星観測データと、地点で行う詳細な観測データの両方を同時に活かせる。これにより、植生の気候変化トレンドを求めるなど、地球環境変動に適応するための政策決定や新たな知の創造につながるかもしれない。

## 科学リテラシーとしてのデータ同化

シミュレーション（計算科学）は、実験、理論に次ぐ第3の科学的方法と言われる。

近年、第4の科学的方法（第4パラダイム）として、データ科学が台頭してきた。データ同化は、進化し続けるシミュレーションと実測データの双方から駆動される。その意味で、データ同化は第5パラダイム、つまり、シミュレーションとデータの双方を統合する第5の科学的方法と考えることもできよう。

データ同化は当初、気象庁などの天気予報の現場で、天気シミュレーションの向上という明確な目標のために発達してきた。大学や研究機関でデータ同化を本格的に研究対象として扱うようになったのは概ね2000年以降のことだ。近年の急速な応用展開を見ると、データ同化の根底にある考え方は、科学リテラシーと通じるものとも思える。データ同化を理解するには、シミュレーション、実測データ、統計などの基礎的科学力が要る。今後、大学教育で広く科学者が教養としてデータ同化を身につければ、これから

の科学の進展に新たな展開をもたらすかもしれない。

—参考文献—

Miyamoto, Y. *et al.* (2013) *Geophysical Research Letters*, **40**, 4922-4926.

Miyoshi, T. *et al.* (2014) *Geophysical Research Letters*, **41**, 5264-5271.

露木 義ほか (2008) *気象学におけるデータ同化*, 気象研究ノート第217号.

### 一般向けの関連書籍

筆保弘徳ほか (2013) *天気と気象についてわかっていることと知らないこと*, ベレ出版.



### 著者紹介 三好 建正 Takemasa Miyoshi

理化学研究所 計算科学研究機構 データ同化研究チームリーダー

専門分野：気象学、データ同化。スーパーコンピュータが打ち出す数値と、世界中から集められる気象観測データとを結びつける「データ同化」で、天気予報の精度向上、革新に挑む。

略歴：京都大学理学部卒業、気象庁入庁後、メリーランド大学気象学博士課程修了、Ph.D. 気象庁技術専門官、メリーランド大学助教授を経て、現職。メリーランド大学客員教授を兼任。地球惑星科学振興西田賞など受賞。気象予報士。

## TOPICS 惑星科学

# 氷天体に注がれる熱い視線

東京大学 関根 康人

太陽系の氷天体には、地下に液体の海を有するものが複数存在している。近年の探査によって、これら地下海の化学組成も明らかになろうとしている。ここでは、そのような最新の探査結果や、それに基づく生命存在可能性や太陽系形成論に関する議論を紹介する。

## 海を探して

地球を宇宙から眺めたとき、最も特徴的なのは地表に広がる青い海の存在だろう。海が美しさだけでなく、時に懐かしさも感じさせてくれるのは、我々の潜在意識にある故郷の象徴だからかもしれない。46億年という地球史の視点にたっても、海は我々の故郷そのものである。荒涼とした原始地球に、生命が誕生したであろう場所こそ他ならぬ海だからだ。太陽系探査の幕開け以降、人類は地球外天体に海、つまり液体の水を追い求めてきた。その背景には、

生命を育みうる天体が存在するのを知りたいという根源的欲求が、原動力として働いたであろうことは想像に難くない。

ところが、地球を飛び出して木星以遠に行くと、固体天体の表面では水は完全に凍結し、氷が主役の極寒の世界が広がっている。氷天体（氷惑星、氷準惑星、氷衛星）と呼ばれる外側太陽系の固体天体の地表面には、水だけでなく二酸化炭素も凝結し、固体の氷として存在している。このような極寒の世界では、生命はおろか海の存在も期待できないと思われるかもしれない。ところが

が、これら氷天体のいくつかには、液体の水が「地下海」として存在することが明らかになっている。類似の環境を地球上で探せば、ボストーク湖に代表される南極氷床下の氷底湖になるだろうか。近年では、探査機によって、氷天体地下海の化学組成やそこでの生命存在可能性も議論されつつある。

2015年12月現在、カッシーニ、ニュー・ホライズンズ、ドーンという3台の探査機は、それぞれ土星の氷衛星、冥王星、ケレスといった氷天体の探査を行っている。ここでは、これらの探査結果や今後の展開について紹介しよう。

## 土 星衛星エンケラドス

エンケラドス（エンセラダスとも称される）は土星の氷衛星の一つであり、

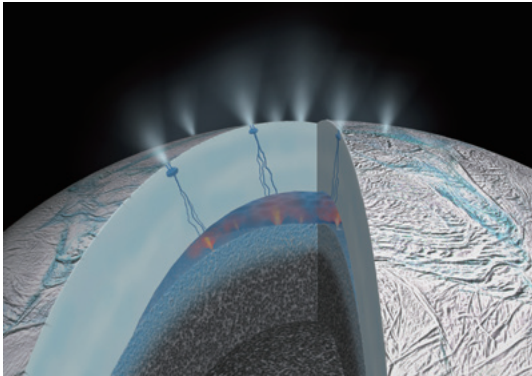


図1 エンケラドス内部の想像図 (画像提供 NASA/JPL).

直径 500 キロメートル程度の天体である。この小さな衛星が注目される理由は、氷地殻の下に地下海が存在し、南極付近の地表の割れ目から海水が間欠泉のように噴出していることにある。探査機カッシーニは、プリュームと呼ばれる間欠泉の中を通過し、海水に塩分、二酸化炭素やアンモニアなどのガス、有機物が含まれることを明らかにした。さらに重力データから、地下にひろがる広大な地下海が岩石からなるコアと接していることも示唆されている (図 1)。

2005 年のプリューム発見以降、エンケラドスに関する知見が得られるたびに、生命への期待も高まっていた。しかし、解決されていない問題も残されていた。それは、地下海に生命が利用できるエネルギーは存在するのかという点である。太陽光の届かない地球の海底熱水噴出孔では、地球の熱エネルギーを使って生きる原始的な微生物が存在する。太陽光の届かないエンケラドスの地下海に、そのような熱水環境が存在するのだろうか。

2015 年になって、この疑問を解決する大きな発見があった。それは、プリューム中に含まれるナノメートルサイズのシリカの微粒子“ナノシリカ”である。カッシーニに搭載されたダスト分析器は、飛来した微粒子の組成を調べる測定器であり、探査機が土星周回中にナノメートルサイズのシリカに富む微粒子を何度か検出していた。詳細な解析の結果、これらナノシリカはエンケラドスの地下海で形成され、プリュームと共に宇宙に放出されていたことがわかった。ナノシリカ粒子は地球上ではありふれた物質だが、宇宙においては稀である。なぜなら、地球上でのナノシリカの生成過程が、高温の水が岩石と触れることで岩石成分が熱水反応で水に溶解、それが急冷することで析出するというものだからである。ナノシリカの発見に対し、観測されたエンケラドスの海水を模した水溶液と、隕石を模した粉末を用いた著者らの熱水反応実験から、地下海の環境を明

らかにする研究も行われた。その結果、ナノシリカが生成するためには、90℃以上の熱水環境が必要であることがわかった (Hsu *et al.*, 2015; Sekine *et al.*, 2015: 図 1)。

エンケラドスには、液体の水、有機物、エネルギーという、生命に必須の三大要素が、現在でも存在する。地球以外で生命を育みうる環境が現存することが実証されたのはエンケラドスが初めてであり、“生きた地球外生命の発見”という

自然科学における究極のゴールに迫ることのできる貴重な天体だといえよう。カッシーニのダスト分析器は、プリュームから噴出する粒子中に高分子有機物も検出しており、その組成や構造を明らかにする詳細な解析も現在行われている。エンケラドスでは生命への化学進化が進行しているのか、炭素質隕石や彗星の有機物と何が異なるのか、地球惑星科学だけでなく、生物学や有機化学に対しても、エンケラドスは未開拓で豊かな地球外の研究対象となるだろう。

## 準 惑星ケレスと冥王星

探査機ドーンが小惑星帯の準惑星ケレス (セレスとも称される) に到着したのは 2015 年 3 月のことである。その 4 カ月後には探査機ニュー・ホライズンズが、カイパーベルトにある準惑星の一つである冥王星をフライバイ (接近通過) した。2015 年は、未到の氷準惑星への探査が相次いで行われた年である。では、なぜ準惑星への探査が盛んに行われるのか。

惑星形成論によると、原始太陽系円盤では塵から微惑星が形成し、これらが合体することで原始惑星と呼ばれる天体が形成したとされる。その後、岩石惑星はこれら原始惑星同士の巨大衝突によって形成し、ガス惑星は原始惑星が円盤ガスをまとうことで形成する。現存する準惑星は、原始惑星の数少ない生き残りだと考えられており、太陽系形成の全体像を知る上で欠かせないパズルのピースなのだ。

ケレスは古くから、地上望遠鏡により観測されてきた。その内部は、ケレスの長半径と短半径の比などから、岩石

コア (質量で約 75%) と氷マントル (質量で約 25%) に分化していると考えられる。このことは、かつてケレスが大規模に加熱され、水の融点を越えたことを意味する。放射性熱源量を考えれば、内部の氷が溶けて液体の海が一時的に出現した可能性は高い。実際、液体の水と岩石との熱水反応によって生成する粘土鉱物が表面に存在していることも示唆されている。つまり、ケレスもかつては地下海を有する天体だったのだ。

ドーンは現在もケレスの観測を行っているが、重要な目標の一つはかつての地下海の組成に迫ることであろう。地下海の揮発性分子の組成は、原始太陽系円盤でその天体が形成した温度のトレーサーとなりうるからだ。たとえば、原始太陽系円盤では、水は約 160 K、アンモニアは約 80 K、メタンは約 50 K でそれぞれ凝結し、固体成分となる。したがって、円盤温度が 150 K で形成した氷天体には、水は豊富にあるがアンモニアは乏しく、60 K で形成した天体には水以外にもアンモニアが含まれる。

望遠鏡観測から示唆されるケレス表面の粘土鉱物の候補の一つは、アンモニアを含む粘土鉱物である。もしこの存在がドーン探査で決定的になれば、ケレスの地下海にはアンモニアが溶存していたことになる。そうすると、ケレスが形成した円盤の温度は 80 K 以下ということになる。一方、ケレス軌道での円盤温度は、標準的な理論によると約 150 K と見積もられる。したがって、もしケ

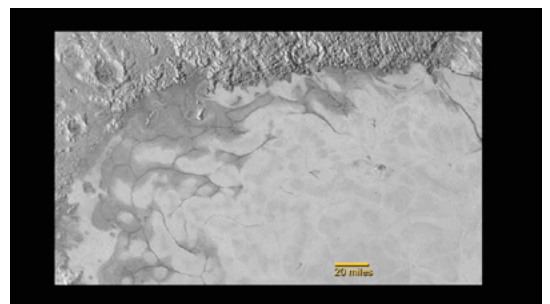


図2 ニュー・ホライズンズが撮影した冥王星 (上) と物質が流動したように見える地域の近接画像 (下) (画像提供 NASA/APL)。

レスが 80 K 以下の場所で形成したのであれば、ケレスは木星以遠の低温領域で誕生し、何らかの理由で今の位置まで移動したことを示唆する。

実は最近、初期太陽系で木星や土星が大移動したというモデルが提唱され、注目を集めている。このモデルでは、ガス惑星の移動によって、外側太陽系の原始惑星や氷微惑星が散乱され、一部が小惑星帯に移動してケレスや C 型小惑星となったとする。もしこれが正しければ、惑星大移動に伴って氷微惑星が内側太陽系にも供給されただろう。初期太陽系に惑星移動はあったのか、地球の水はどこから来たのか。これを実証する答えはケレスにあるかもしれない。

最後に話を冥王星に移そう。多くの惑星科学者が今年最も驚いたのは、探査機ニュー・ホライズンズが撮影した冥王星の姿ではなかろうか。冥王星表面には、クレーターがなく、ごく最近内部から流動的な物質が供給されたような地域も見られる (Stern *et al.*, 2015: 図 2)。一体何が表面に供給されたのであろうか。結論は詳細な観測結果を待たねばならないが、どうやら表面に供給された物質は水ではないらしい。冥王星表面で水の氷はわずかで、大部分がメタン、一酸化炭素、窒素といった揮発性分子の氷で覆われているというのだ。特に、最近流動したように見える地域の中には一酸化炭素が多く、その周辺地域にはメタンが多いらしい。ひょっとすると、冥王星の地下には、液体のメタンや一酸化炭素、窒素が、それぞれ安定な深度に地下海として存在し、揮発

性分子を地表に供給しているのかもしれない。

## 比較惑星海洋学へ

このように、太陽系氷天体には地下海を持つものが複数存在し、その組成も明らかになってきている。今後は、日欧米による木星圏探査計画ジュースなどによって、木星系衛星の地下海の情報ももたらされるであろう。探査機ガリレオによる木星衛星エウロパの観測では、エウロパにも広大な地下海が存在することが示されているが、こちらの組成は硫酸に富む酸化のものらしい。一方、エンケラドスは有機物を含む還元的な組成である。このように同じ地下海でも、その化学組成は多様である。さらに、液体の主要成分も水だけではないのかもしれない。我々は冥王星を極低温のため地質的に死んだ天体だと思い込んでいた。しかし、一酸化炭素やメタンなど、極低温でも液体となりうる分子によって、太陽系外縁天体ではむしろ活発な地質活動が駆動されているのかもしれない。

地球や過去の火星のように地表に海を持つ天体、エンケラドスのように地下に海を持

つ天体、そしてそれらの化学的な進化や多様性は、これまで個別に議論されてきた。しかし、このような多様な海の姿が明らかになりつつある現在、これらを統合する比較惑星海洋学と呼ぶべき学問が必要となる。このような俯瞰的視点に立ったとき、惑星にとって海ができる条件とは何か、あるいはより根本的な問いとして、果たして惑星にとって海とは何か、というものの答えも初めて理解できるに違いない。

—参考文献—

Hsu *et al.* (2015) *Nature*, **519**, 207.

Sekine *et al.* (2015) *Nature Communications*, **6**:8604, DOI: 10.1038/ncomms9604.

Stern *et al.* (2015) *Science*, **350**, DOI: 10.1126/science.aad1815.

### ■一般向けの関連書籍

関根康人 (2013) *土星の衛星タイタンに生命体がいる! 「地球外生命」を探る最新研究*, 小学館新書。



### 著者紹介 関根 康人 Yasuhito Sekine

東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

専門分野: 地球惑星化学, アストロバイオロジー, 惑星・衛星の大気や海洋の起源と進化に関する研究。

略歴: 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了, 博士 (理学), 東京大学大学院新領域創成科学研究科, 助教, 講師を経て現職。

## TOPICS 測地学

# 「地球規模の測地基準座標系」に関する国連総会決議

国土地理院 測地部 宮原 伐折羅

国際連合 (以下、「国連」) は、平成 27 年 2 月 26 日、地球の正確な形や姿勢を定めるとともに、地球上の位置決定の基本となる測地基準座標系の社会・経済的な重要性を認め、加盟国全体で地球規模の測地基準座標系を連携して維持することを決議した。これは、国連が地理空間情報の分野で行ったはじめての総会決議で、正確な位置の基準を維持するために、各国が責任を持って測地観測の施設を維持・改良すること、開発途上国の能力開発に対する技術支援を強化することが盛り込まれた。

## 地球規模の測地基準座標系

GPS をはじめとする全球測位衛星システム (Global Navigation Satellite System; 以下、「GNSS」) の普及によって地球上

の位置を精密に測ることが可能となり、ここがどこか、自分がどこにいるのか、正確に知ることができるようになった。しかし、正確な位置を測ることは、実は容易なことではない。地球の形は、赤道方向に膨れた楕円体

で近似されるが、地球の自転、太陽と月の重力による潮汐、プレート運動など様々な要因によって時間とともに複雑に変動を続けている。たとえば、地殻は潮汐によって一日のうちに数十 cm におよぶ周期的な変形をするし、日本とハワイの距離はプレートの運動によって 1 年間に数 cm 近づいている。このような変動する地球の精密な形は、GNSS、超長基線電波干渉法 (Very Long Baseline Interferometry; 以下、「VLBI」)、衛星レーザー測距 (Satellite Laser Ranging; 以下、「SLR」)、DORIS (Doppler Orbitography and

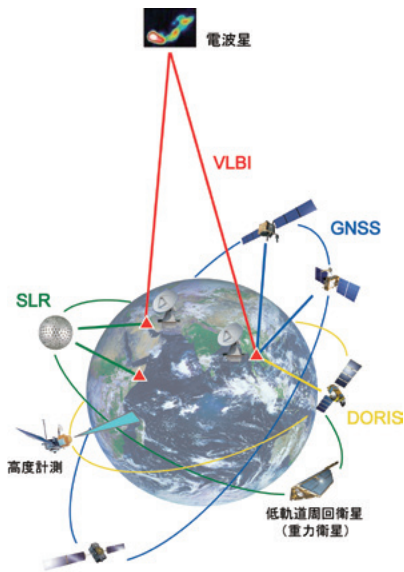


図1 全地球統合測地観測システム (GGOS) 観測の概要。

Radiopositioning Integrated by Satellite) といった複数の宇宙測地技術を用いた、地球全体を網羅する継続的な測地観測によってはじめて測定が可能となる(図1)。こうした測地観測に基づいて把握された地球の形と時間変化は、「地球規模の測地基準座標系 (Global Geodetic Reference Frame; 以下、「GGRF」と呼ばれ、地球上で位置を計測する際に誰がどこで測っても共通の基準を与える基盤インフラとして広く用いられている。GGRF が適切に構築・維持されることで、海面変動や氷床の監視など地球環境の把握、災害状況の把握や対応など適切な政策・意思決定、さらに高精度な測量サービスや機器の自動運行など地理空間情報社会の基盤インフラの実現まで、社会的・経済的に幅広い恩恵が得られている。

## 正確な測地基準座標系の意義

正確な GGRF が構築・維持されないと、どのような不都合が生じるだろうか。図2は、アジア地域の国々が位置の基準に GGRF を採用しているかどうかを示している。アジア地域ではいまだ約5割の国が GGRF を採用しておらず、世界全体では約3割の国が GGRF を採用していない。これらの国々では、それぞれ独自の測地基準座標系を用いているため、GGRF と系統的な差があり、その差は、国によっては数百 m に達する。これらの国々では地図も独自の座標系で作成されているため、たとえばスマートフォンの GPS 機能などを用いて GNSS で測った座標をこれらの国の地図の上に表示すると、大きいところでは数百 m ずれた位置に表示される。このように、正確な GGRF が構築・維持されないと、宇宙測地技術で測っ

た位置と、地図などの地理空間情報の位置がずれることになる。そのずれ方と量が国ごとに異なることも問題となる。

## 測地基準座標系を支える宇宙測地技術

GGRF は、GNSS、VLBI、SLR、DORIS という4つの宇宙測地技術を用いて構築・維持される(図1)。GNSS は、GPSをはじめとする衛星測位システムで、地上の観測者が地球を周回する複数の衛星から信号を同時に受信することで精密な座標を得る技術である。地上の観測設備が比較的安価で設置が容易なことから、観測ネットワークの高密度化に有用な技術である。GNSS では、できるだけ多くの衛星から同時に信号を受信することで性能が向上するが、近年は GPS 以外に日本の準天頂衛星やロシアの GLONASS など利用可能な衛星が増加しており、今後も利活用の拡大が期待されている。VLBI は、はるか彼方の天体から届く電波を世界各地にあるパラボラアンテナで受信し、数千 km 離れたアンテナ間の距離を計測する技術で、天球上で不動の点を基準にすることで観測局の位置だけでなく地球の回転や姿勢を正確に測ることができる。ただし、微弱な電波を受けるための巨大なアンテナや大規模なデータ処理の設備が必要である。SLR は、地上の望遠鏡から衛星に発射したレーザ光が人工衛星の反射鏡から戻ってくる往復時間をもとに距離を算出し、そこから座標系の原点となる地球重心の位置を最も正確に導き出す技術である。DORIS は、地上から送信した信号を人工衛星で受信し、信号周波数のずれ(ドップラーシフト量)から衛星の位置を測る技術である。これらの技術を用いて測った位置は、そ

れぞれ固有の誤差を持つ可能性があるため、結果を統合することでより確からしい位置が求められる。したがって、同じ場所で複数の宇宙測地技術を用いた観測を行うことが必須である。宇宙測地技術では、技術が異なると異なったアンテナでの観測が必要となる。そのため、統合の際には、アンテナの位置関係を観測点ごとにあらかじめ精密に測定しておき、この位置関係と整合するように複数の宇宙測地技術の結果を結合することで正確な位置を求める。

## 全地球統合測地観測システム

宇宙測地技術による個別の観測は国ごとに実施されているため、GGRF の構築では、それらを取りまとめた国際的な共同観測が必要となる。これが全地球統合測地観測システム (Global Geodetic Observing System; 以下、「GGOS」)(図1)である。GGOS の下には、たとえば、国際 GNSS 事業、国際 VLBI 事業、国際 SLR 事業といった技術ごとの組織が設置され、各々が観測を取りまとめて観測局の座標や地球回転パラメータなどを計算して利用者に提供している。GGOS はこれらの技術を統合することで地球全体を網羅する測地観測を実施している (Plag and Perlman, 2009)。

## 国際地球基準座標系

現在、実質の世界標準である GGRF は、国際地球基準座標系 (International Terrestrial Reference Frame; 以下、「ITRF」) である。ITRF は、国際測地学協会の下でフランス国土地理院 (IGN) が主導する国際地球回転・基準系事業が GNSS、VLBI、SLR、DORIS の観測を統合して構築する基準座標系で、科学活動をはじめ、人工衛星

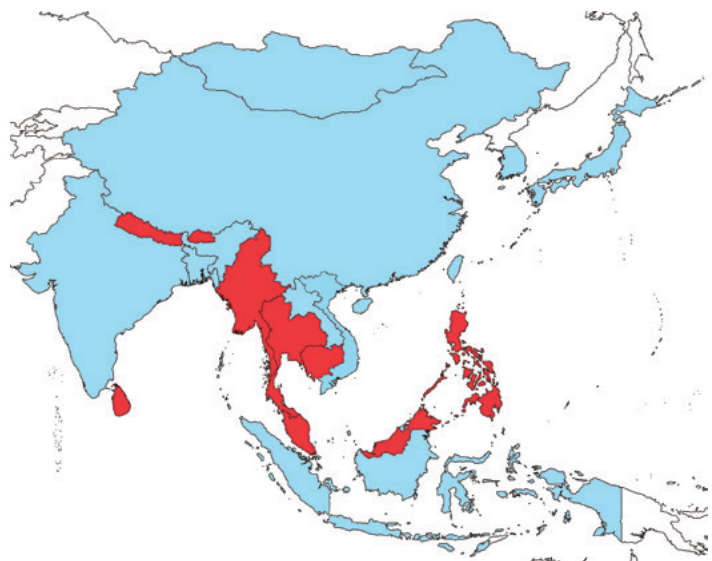


図2 アジア地域の GGRF の採用状況 (赤: 未採用, 水色: 採用)。

の軌道情報、移動体のナビゲーションなど、あらゆる分野で位置の基準に用いられている。ITRFの精度は、地球全体を網羅する継続的な測地観測で保たれているため、全世界が共同して密な測地観測を継続し、データを適切に共有・統合することが必須である。しかし、その構築と維持に公式な国際約束はなく、ITRFは国際測地学協会をはじめとする測地学者の自発的な貢献で実現している。ITRFの基盤となるGGOSをはじめ、これらは効果的な取り組みであるが、組織と予算は各機関の自発的な努力に依存しており、維持される保障がない。国連はこのような現状、さらにはGNSSの配備と利活用の拡大、それに伴うGGRFの社会・経済的な需要の高まりに留意し、平成27年2月26日、第69回総会第80回本会議においてGGRFを維持するための国際協力の強化に関して決議を採択した(宮原, 2015)。

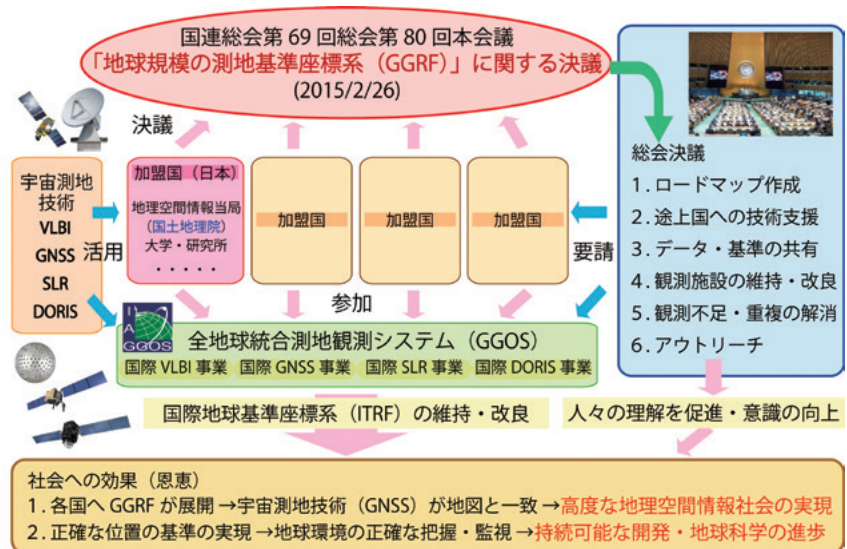


図3 国連総会決議の関係者と決議の効果。

## 総 会決議とそのポイント

国連総会決議は、日本を含む52カ国の共同提案で国連総会に提出され、全会一致で採択された。決議は、GGRFを開発・維持するための以下の6つの決議文からなる。決議1) ロードマップ(行動計画)を作成する。決議2) 途上国への技術的支援を強化する。決議3) データや基準を自由に共有する。決議4) 各国が責任を持って測地観測施設を改良・維持する。決議5) 観測施設が不足・重複しないよう多国間で協力する。決議6) GGRFの重要性への理解が深まるよう普及活動を行う。

決議では、これまで観測を実施してきた国々に、測地観測の継続によって国際的な責任を果たし、GGRFの構築と維持へ貢献することが期待されている。また、GGRFの重要性の認識が高まることで、これまで測地観測が不足していた途上国では、観測の導入へ意識の向上が期待される。さらに、世界各国へGGRFが展開されることで、GNSSなどの宇宙測地技術と地図などの地理空間情報が正確に一致して高度な地理空間情報社会が実現することや、正確な位置の基準に基づいた地球環境の把握・監視によって、持続可能な開発や地球科学の研究が進むことが期待される。日本には、着実な観測の継続とともに、豊富な経験を活かした途上国の能力開発や人材育成が期待されている(図3)。

## G GRFロードマップ

決議の着実な実施には、GGRFを取り巻く状況を正しく把握して、状況に応じた適切な活動を実施するためのロードマップを策定することが必須である。国連は、

GGRFの構築と維持において加盟国が重要と認識する項目を把握するために質問書を配布した。その回答から、加盟国は「各国が責任を持ってGGRFの開発・維持に必要な測地観測施設を改良・維持する」ことを最も重要な決議内容と認識し、GGRFの構築と維持には、国際的な統治が必要と認識しているとわかった。この分析に基づき、GGRFロードマップの作成が進められている。国土地理院は、宇宙測地観測を継続してITRFの維持、改良に必要な測地観測データを提供するとともに、ロードマップの作成に参加して測地基準座標系の構築における日本の豊富な経験を共有することで国連総

会決議の着実な実施に貢献していく。

—参考文献—

宮原伐折羅(2015) *国土地理院時報*, 127, 印刷中。

Plag, H. and M. Perlman (2009) *Global Geodetic Observing System*, Springer.

### ■一般向けの関連書籍

日本測地学会(2004) *測地学テキスト*, <http://www.geod.jp.org/web-text> (accessed 19 October 2015).



### 著者紹介 宮原 伐折羅 Basara Miyahara

国土地理院 測地部 物理測地課長

専門分野: 測地学。水準測量、重力・GNSS観測等の測地観測に基づいて、日本の重力分布の把握、日本の高さ基準座標系の構築を行っている。

略歴: 京都大学理学研究科修士課程修了。2001年に国土地理院入省。GNSS連続観測システム(GEONET)の管理・運用等を経て2013年から現職。国連「地球規模の測地基準座標系」作業部会の部会員。

## とめ株式会社とめ研究所 ソフトウェア研究開発受託

- ・画像処理、数値解析、データマイニング他の研究開発
- ・情報系、数学、物理学等の博士課程出身者が多く活躍
- ・地球惑星科学の研究経験を活かしたい方を積極的に採用中

URL : <http://www.tome.jp> E-mail : [info@tome.jp](mailto:info@tome.jp)

# 地球温暖化 –そのメカニズムと不確実性–

日本気象学会 地球環境問題委員会 編  
朝倉書店  
2014年12月, 168p.  
価格 3,000円 (本体価格)  
ISBN 978-4-254-16126-7



韓国気象庁 気象研究所 中澤 哲夫

日本気象学会地球環境問題委員会が取りまとめた本書は、初版が昨年12月に発行され、今年3月には第2刷が増刷されている。帯には、「地球温暖化現象の正しい理解のために…日本の専門家が総力で最新の知識を正確に伝える」とある。まずは、読者が待ち望んでいたこのような書籍を世に出していただいたことに対し、出版にかかわった関係者各位に感謝したい。

最初に本書を手にした時、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第5次報告の内容とどこが違うのか?と思ったが、「あとがき」を読んで、納得した。本書の企画は、すでに2011年に始まっており、地球温暖化研究に関連した電子メールの流出事件「クライメートゲート事件」などが起こり、人為起源の温暖化説を否定する懐疑論が吹き出していた時に、本書の目的を「地球温暖化現象の基本原則を適切に社会に伝えること」とした、とある。わたしも、地球温暖化問題が大きくクローズアップされた時に、気象学会の方々と議論して、基本的かつ専門的な解説書がほしい、と話したことを思い出す。3年半の時を経て、本書が発刊された意義はきわめて大きいものがある。

本書の構成は、以下のとおり。第1章はじめに: 問題の背景と本書の目的, 第2章地球温暖化に関する観測事実, 第3章温室効果と放射強制力, 第4章産業革命以降の気候変動の検出と要因解析, 第5章予測とその不確実性, 第6章気温・降水・大気大循環の変化, 第7章日本周辺の気候の変化, 第8章温暖化で起こる地球表層の変化, 第9章海面水位上昇, 第10章長い時間スケールの気候変化。

巻頭にカラーページが8ページもあり、コラムが随所に入り、各章ごとにポイントがまとめられるなど、読者への配慮が丁寧に行われている。

わたしが一番興味を持ったのは、第4章である。ここに、地球温暖化が人為起源によることの核心的説明がされていると考えたからである。読み始めると、「気候は変化しているか?」「その原因は人間活動によるCO<sub>2</sub>濃度増加によるものか?」「答えは、それほど単純ではない」と書かれていた。読み進むと、「人為的な外部強制力にはCO<sub>2</sub>濃度増加だけでなく、多くの要因があり、それぞれがどの程度観測された気候変動に寄与しているのかを調べる必要がある」と書かれてい

たので、確かにそのとおりのことだ。実際、CO<sub>2</sub>だけでなく、太陽放射、雪氷面、成層圏水蒸気、対流圏オゾン、CO<sub>2</sub>以外の温室効果気体の正の温暖化寄与率が明らかにされている。また、負の寄与は、エアロゾル、土地利用、成層圏オゾン、火山噴火によることも量的に明らかに示されている。

もう少し解説してほしいのが、気温とCO<sub>2</sub>の長期変動と季節変動、これらの関連についてである。「2.1.2 CO<sub>2</sub>の濃度変動」で「気温の年々変動がCO<sub>2</sub>濃度の変動に先行しているという観測事実のみをもとにして、長期的な大気中のCO<sub>2</sub>増加の原因を温暖化(気温上昇)に帰することはできず、ましてやCO<sub>2</sub>増加による温暖化を否定することはできない」とある。「気温の年々変動と温暖化はメカニズムや時間スケール、濃度に対する気温変化においてまったく異なっている」とは書かれているものの、もう少し掘り下げた解説がほしい。

台風や熱帯循環、モンスーンなどが温暖化でどうなるのか、その理由は何かなどについてはとても興味があった。全球的に台風は減るが強い台風がなぜ増加するのか、日照りや熱波も増え極端降水も増えるのはなぜか、このどちらも大気の安定度が強まることに起因していると思うが、これらの理由についても触れてほしい。

最後に、いくつか細かい点ばかりコメントをさせていただいたが、わたしの興味に偏ってしまったことをお詫言いたい。本書は、地球システム全体を取り扱う、きわめて意欲的な書であり、わたしにとって基本的かつ専門的な一冊である。「総力で最新の知識を正確に伝える」とある本書、気象学だけでなく、地球科学に携わる人であれば、必携の書と言えるのではないかと。

<p><b>世界自然環境大百科</b> 海洋と海岸 有賀祐勝 監訳</p>	<p><b>海洋と海岸</b> (世界自然環境大百科 10)</p> <p>有賀祐勝 監訳 A4変型判 564頁 オールカラー 定価(本体28,000円+税)(18520-1)</p> <p>生命誕生の場であり、生活・食糧供給の重要な場である「海」の百科全書。深海から海岸まで海洋環境における生態系やヒトとのかかわり、沿岸部における人々の生活までを豊富な写真・図表を用いて解説。ユネスコMAB計画との共同出版の全訳。</p>	<p><b>はじめて学ぶ 海洋学</b></p>	<p>横瀬久芳 著 A5判 160頁 口絵4頁 定価(本体1,800円+税)(16070-3) 学術的な分野にとらわれず、よりよく「海」のことを知る1冊。海流や台風、波など海の基礎から生物圏のありよう、人類の海洋進出と展望までをまとめる。</p>
<p><b>図説 日本の湖</b></p>	<p>森和紀・佐藤芳徳 著 B5判 176頁 オールカラー 定価(本体4,300円+税)(16066-6) 日本の湖沼を科学的視点と湖沼誌の面から紹介。サラマ湖から上瓶島湖沼群まで、全国約40の湖・湖沼群を湖盆図や地勢図、写真、水温写真図と共に紹介。</p>	<p><b>図説 日本の湖</b></p>	<p>森和紀・佐藤芳徳 著 B5判 176頁 オールカラー 定価(本体4,300円+税)(16066-6) 日本の湖沼を科学的視点と湖沼誌の面から紹介。サラマ湖から上瓶島湖沼群まで、全国約40の湖・湖沼群を湖盆図や地勢図、写真、水温写真図と共に紹介。</p>

**朝倉書店**

〒162-8707 新宿区新小川町6-29 [営業部]TEL03-3260-7631 FAX03-3260-0180  
http://www.asakura.co.jp eigyo@asakura.co.jp ※ISBNは978-4-254-を省略



## 第9回国際地学オリンピック・ブラジル大会を終えて

NPO 法人 地学オリンピック日本委員会 理事 瀧上 豊 (関東学園大学)

第9回国際地学オリンピック・ブラジル大会が、9月13日から20日まで、ブラジルのボソス・デ・カルダスで開催されました。当初、第9回大会はロシアでの開催予定でしたが、ロシア側の諸事情によりブラジルに変更になりました。22ヶ国・地域（ブラジル、オーストラリア、オーストリア、フランス、ドイツ、インド、インドネシア、イスラエル、イタリア、日本、カザフスタン、韓国、ノルウェー、ポルトガル、ルーマニア、ロシア、スペイン、スリランカ、台湾、タイ、ウクライナ、アメリカ）から85人の選手と6名のゲスト生徒が参加しました。日本チームは3月の日本代表最終選抜で選ばれた4名（全員が高3）と三重県（来年の国際大会開催地）からのゲスト生徒1名（高3）、メンター2名、オブザーバー6名の体制で臨みまし

た。選手の皆さんは3時間の筆記試験と5種類の実技試験で競いあいました。

日本チームの成績は金メダル1個、銀メダル1個、銅メダル2個の成績でした（写真）。メダル数から推定した順位は韓国（金2、銀2）、台湾（金1、銀3）、インドネシア（金1、銀2、銅1）、オーストラリア（金1、銀2）に続く5位でした。昨年の大会まで台湾・韓国・日本が金メダルをほぼ独占していましたが、今回はインドネシアやオーストラリアなどを含めた8か国に分散する結果となりました。この理由は、今回、露頭観察の実技試験の比重が大きかったことによるものと思われます。

なお、金メダルを獲得した生徒は今年の地理オリンピックでも銅メダルを獲得した生徒でした。

帰国後の9月28日に下村文部科学大臣（当時）を表敬訪問し、メダルを受賞した全員が大臣表彰されました。大臣との懇談では英語の会話で苦労したことや今後の希望する進路などが話題となりました。

来年はいよいよ日本大会です。皆様のご支援ご協力をよろしくお願い申し上げます。



## 第12回国際地理オリンピック大会報告

国際地理オリンピック日本委員会 実行委員 井上 明日香 (神奈川県立元石川高等学校)

2015年8月11日から8月17日にかけて、ロシア連邦トヴェリにて第12回国際地理オリンピック (iGeo) が開催され、過去最大の40か国・地域が参加した。日本は銀メダルを3名（菊池裕太、齋藤巨佑、佐藤剛）、銅メダルを1名（辻有恒）が獲得し、全員メダル獲得という快挙を成し遂げ、国別順位も5位と好成績を収めた。

3種類のテストが行われた。ライティングテストでは、例年と同様、自然地理から人文地理まで幅広い出題内容で、地理的思考力の他、図やグラフの読み取り、活用能力が問われた。フィールドワークテストは二つに分けられ、フィールドワーク1は四つの課題に取り組む新しいものとなった。フィールドワーク2は、例年と同様の出題で、意思決定能

力を問う問題であった。マルチメディアクイズは、スライドを見て4択の問題に解答する客観的試験であった。

トルジョク、トヴェリ、セリゲル湖の3か所への遠足があった。ポスターを使って発表するポスターセッションや自国の文化について発表するカルチュラルセッションなど、テスト以外に多彩なプログラムが用意され、他国の選手と交流し、様々な体験をしたことは貴重な経験となっただろう。

今大会は現地情報に乏しく不安だったが、最終的に選手を絞り込んだ三次予選の時から、選手は努力を重ねて今回の成績を収めた。地理的思考力、地図作成などの能力も急激に伸ばした。選手自身の努力のみならず、効果的な研修の実施が今後も求め

られる。

来年は、北京にて8月16日から22日にかけて開催予定である。最後になったが、地理オリンピックの予選から国際大会まで多数の方にお世話になった。この場を借りて厚くお礼申し上げます。





## 秋元 肇

海洋研究開発機構フェロー・国立環境研究所客員研究員

専門分野 地球大気化学(対流圏光化学), 大気反応化学

# 大気化学・環境研究者としての 起点・原点・終点

今回、日本地球惑星科学連合フェローに推戴していただき、研究者としての終点を間近に感じつつ、大気化学・大気環境の道に導かれることになった研究者としての起点・原点に改めて思いをはせる今日この頃です。

私が東京工業大学に入学したのは1958年、まだ戦争の余韻が残っている時代だったように思います。入学早々に何人かの先生から、東工大は戦時中軍事研究のメッカだった、技術者は二度と軍事研究に手を染めることがないよう、技術バカであってはならないと教えられました。当時の東工大では技術者はそのような問題に自己判断が出来るよう、人文学(ヒューマニズム)を身につけることが重要であるという教育方針が浸透していました。具体的には一般教養の充実が図られ、今覚えているだけでも英語の伊藤整、哲学の鶴見俊輔、社会学の永井道雄、心理学の宮城音弥、といった錚々たる人文系の先生が東工大の専任教授・助教授として迎えられており、それらの先生の授業を受けることが出来ました。人間としての人格形成時である学部1,2年生の時に味わったこうした体験が、後に私が環境問題に関わる科学を研究対象に選ぶ上での起点となっている様な気がします。

私の研究者としての原点は、東工大化学科の田中郁三教授の下での物理化学としての光化学反応研究と、ポストドク時代のカリフォルニア大学リバサイド校のピッツ教授の下での光化学大気汚染中の化学反応研究にあります。

私が研究者人生を歩み出した1960年代には、問題解決型のための「学際的研究」の重要性が語られる一方、大気汚染のような現実の問題に係わる分野に足を踏み込んだ研究者を落ちこぼれと見なす、伝統的学問分野からの視線がありました。昨日までシュレーディンガー方程式を論じていたものが、大気汚染の健康影響の話しを聞かされる違和感を表した、当時の「インテレクチュアル・インピーダンス・ミスマッチング」という言葉は言い得て妙でした。

現実的な社会的事象に近づくこと自身が研究者人生を危うくするという風潮があった時代に、それを乗り越えた物理化学分野の研究者が、光化学大気汚染でのピッツ教授であり、成層圏オゾン層破壊でのローランド博士でした。ローランド博士はその後ノーベル化学賞を受賞され、大気化学は学問的にも地球惑星科学の一分野として認知される時代となったわけですが、そこに至るまでの彼らのパイオニアとしての戦いは並大抵のものではなかったと思われまふ。

私の場合、1974年に当時の「国立公害研究所(現国立環境研究所)」に勤務し、光化学スモッグの基礎的な研究に従事しましたが、当時公害研の研究者は基礎研究といえども、自分らの研究結果が公害被害者に直接かかわる行政施策に与える影響に対して、緊張感を持たざるを得ませんでした。とくに自治体レベルでは大気汚染の一部のモニタリングデータを公表するかどうか問題とされ、研究者の学会発表についても上からの統制が入る時代でした。

その後1980年代半ば以降、地球環境問題の時代となり、公害のような人の命や生活に直結する問題との接点はほとんどなくなりました。大気化学という学問分野が成立したのもこの頃で、そのおかげで私もこの30年近くを対流圏オゾンやエアロゾルを対象とした室内実験や観測・モデルの研究を大いにエンジョイすることが出来ました。

時は流れ今年には戦後70年を迎えています。この間に大学で起こったことといえば、一般教養が軽んじられ、切り捨てられてきました。そして今まさに大学における文科系学問が切り捨てられようとしています。次は私たちの地球惑星科学を含む理学系が狙われるでしょう。学生時代に教えられたのは、経済的にはすぐに役立つはずも、自然原理を探究する理学、人間としての根源的価値に係わる文学・芸術などが、真に社会に価値あるものとして存在するということでした。

そして大気化学・環境研究を通じて痛感してきたのは、情報公開と言論の自由が人

の命と生活を守る上で最も重要だということでした。最近の中国では、環境汚染を巡って、かつての公害時代の日本でみられた、市民や研究者と当局との間での情報公開、言論・研究の自由に関するせめぎ合いが続いています。私の最近の研究テーマの一つだったオゾンやPM2.5の越境大気汚染問題の解決には、中国における情報公開と自由闊達な議論を許す言論の自由が大きくかかわっています。ひるがえって日本で先般国会を通った特定秘密保護法には、環境研究者としてもっと反対の声を上げなければいけなかったのではないかと深く反省しています。

研究者としての終点を間近に迎えようとしている今、なんで再び50年以上前の価値観を蒸し返さなくてはならないのでしょうか。幸い私達の世代は軍事研究に手を染める葛藤に悩まされることなく研究者人生を終えようとしています。しかし今人生の起点に立っている次々世代の研究者はどうでしょうか。

文理融合とは当面の社会的に重要な課題に向けて、文系研究者と理工系研究者が協力することだけではないと思います。文理融合とは理工系研究者がある程度人文・社会科学を身につけた上で、人間にとって真に重要な学問の発展のため、時によっては人の命や生活、言論の自由を侵そうとする動きにあがらうことまで含んでいるのではないかなと思う今日この頃です。これはPhDの称号を持つ私達が、Doctor of Philosophyの意味する科学の原点に立ち返ることでもあるのではないのでしょうか。

私の研究者としての原点を提供してくれた二人の恩師が、昨年、今年に相次いで他界され、この分野の巨人であったローランド博士も3年前に亡くされました。こうしたことも、今回のフェロー授賞を機に私が自分の研究者としての起点・原点と終点に思いをめぐらすに至ったきっかけとなっている様に思います。改めて今回のフェローへの推薦にご努力頂いた方々にお礼を申し上げる次第です。



## 石田 瑞穂

産業技術総合研究所 客員研究員

専門分野 地震学

### 連合発展のために女性参画を

この度、日本地球惑星科学連合のフェローの称号を頂き、改めて今まで多方面で私の研究を支えて下さった方々に深く感謝致します。フェロー受賞に当たり、私自身がしてきましたことを考えますと、組織的な取り組みの一つの歯車を一生懸命遂行し、研究推進の一端を担ってきただけのような気が致します。

今や地震観測データ（高感度地震観測網（Hi-net）、広帯域地震観測網（F-net）、強震観測網（K-NET, KiK-net）等のデータ）は、解析結果の公開だけでなく、観測波形データの公開が当たり前のこととなっています。しかし、1995年兵庫県南部地震以前の日本では、地震観測データは所属機関の研究のための重要な素材として、他機関の研究者が使用するのには極めて困難でした。また、各機関の観測領域は暗黙の了解で決められていて、私が所属していました（独）防災科学技術研究所（防災科研）は後発機関であるために観測網を整備するための未観測領域はありませんでした。そのため新規観測手段で地震観測の一端を担うべく、深井戸観測に着手していました。従って、1978年に防災科研が関東・東海地域微小地震観測網を整備することに踏み出せたのは、時代の偶然の流れでした。それは1974年に東海地震の発生の可能性が大きく取り上げられたことによります。そこで初めて、既存観測網（名古屋大学による東海地域と東京大学地震研究所による関東地域）を横断する関東・東海地域で微小地震観測網整備の必要性が科学技術庁（現文科省）により取り上げられ、防災科研がその任を担うことになりました。この観測網の完成後、私は、1990年代に微小地震から大地震を対象とした広帯域地震観測網（当時、FREESIA-net）の全国整備と大地震のリアルタイム地震情報発信（ROSE）などのプロジェクトを立ち上げました。また、「全地球ダイナミクス」のような大型のプロジェクトのリーダーも引き受けました。既成体制の中で研究を続けていくことに比べ、従来の枠を超えて物事を進めるのは必要以上のエネルギー

を消耗しますが、敢えて新たなことへの取り組みを心掛けてきましたのは、私が女性ということによります。当時、女性は専門外の分野に配属されることが多く、それは当事者間の暗黙の了解でした。こうした事に正面から抗するのは、極めて大変です。このような状況の中で、新しいプロジェクトを立ち上げる決心を致しました。この時、最初のプロジェクト（FREESIA）の発足に加わって下さった3人の研究者、福山英一さん、堀貞喜さん、関口渉次さんには改めて感謝致します。

一方で、当時、日本地震学会の若手研究者が学会としての進取の気質をみせようと、手はじめに会長を女性にしても良いのではないかと、組織票の無い私を推薦しました。これが、1995年兵庫県南部地震後であったため、マスコミに様々な形で取り上げられました。地震時の会長にではなく、3か月後に会長になった私に「今後日本地震学会をどう変えていきますか」という質問が浴びせられたのも、その一つです。こうした期待を背負ったわけではないのですが、ただ日本地震学会のあり方に改革の必要性があるという時代の要請として、私の任期中に日本地震学会として様々な取り組みを新たにせざるを得ないことになりました。

同時に、男女共同参画ということが国の一つの方針となる頃で、学会長を機に様々な委員会の委員を頼まれるようになり、研究どころではなくなりました。女性の地位の向上になれば暫くは仕方ないと、私は一生懸命引き受けてきました。しかし、委員会のため研究ができない状態は“一時的”と思っていた私の考えの甘さは完全に裏切られ、防災科研を退職するまで沢山の委員会、審議会の役目が続きました。この間にわかったことは、私は、女性を委員としてある割合で参入させるという規則の下で指名され、決して私の意見や何かが必要であったわけではないということです。最近では様々な組織の上層部に女性が起用されることが多くなりましたが、未だ多くの場合、決定権のあるところでの女性の起用は少ないのではないかと思います。

女性の意見を重要と考えるからには、女性に決定権を持たせるほどの度量を政府、研究機関、大学でも持つべきでしょう。それがなければ、女性を男性と対等に経営に参画させようとする政府の方針は「まやかし」にすぎないこととなります。

公益社団法人日本地球惑星科学連合（Japan Geoscience Union; JpGU）は、地球惑星科学を構成するすべての分野及びその関連分野をカバーする研究者・技術者・教育関係者・科学コミュニケーター、そのほか地球惑星科学分野に関心を持つ学生や一般市民の方々からなる7000名以上の個人会員と地球惑星科学関連50学協会を団体会員とする学術団体ということです。このうちの女性会員の人数を知りませんが、20名の理事と3名の監事のなかに女性は見当たりません。また、各分野選出の代議員総数98名のうち女性は6名だけです。女性は約5%というわけですが、全体として、女性会員の割合がこの程度ということかもしれませんが、それにしても少なくはないでしょうか。地球惑星科学連合は自然を統一的に理解するという視点が細分化によって曇らぬように、関連する学協会が集まり発足に至ったと謳われています。それならば、地球上の人間の約半分の女性の視点は重要だとは思いませんか。地球惑星科学分野の方向を決める要の部分で、たった5%しか女性がいらないのでは、新たな発展の道を模索する分野としては偏っていないでしょうか。女性の少ない分野で女性自らが声を上げるのは、極めて難しいですし、若い時からの経験も不足していますので、周囲の後押しも必須です。

当連合として、今後の発展を目指すためには中枢に女性の役員を増やすと同時に、次の世代を担う若手を参加させることは、連合をマンネリ化させないためにも大切と思われます。今後の連合発展のために、一考をお願い致します。



## 上出 洋介

名古屋大学名誉教授，りくべつ宇宙地球科学館館長

専門分野 太陽地球系物理学

### 地球磁場変動で宇宙空間を診る： 共同研究の例

科学の手法を、理論、実験（または観測）、コンピュータシミュレーションの3種類に分けるとするならば、私の研究手法は、それらの混合であり、敢えて「データ解析」とでも言えば現実にもっとも近いでしょう。何のデータかと言えば、地上はもとより人工衛星による電磁場、プラズマの観測データ、ときには膨大な量のシミュレーション出力データも含まれます。衛星観測データは、宇宙空間を飛翔する人工衛星観測によって得られますが、何年にもわたる打上げ計画に参加もせず、打上げが成功してから、データ解析チームをぬくぬくと立ち上げるというわけです。振り返ってみると、私の研究人生は、実に多くの方々の助けを借りていました。単著は、レビューなど、全体の1割程度に過ぎず、全共著者数が350名を超えていることからわかります。

私が大学院生のときの指導教授は、福島直先生（1925-2003年）でした。地球電磁気学のフロントランナーで、当時は国際学会 IAGA の Secretary General を務められていたため超多忙で、毎日のご帰宅は新宿からの京王線終電でした。その代わり、受け持っておられた学生は私ひとりだけで、先生とのディスカッションには、毎週月曜日の午後8時からという時間設定でした。その1週間で発見したこと、解釈が出来ないことなどを2時間ほどで報告が出来るようにまとめて参加するのです。数ヶ月に1度は、書き上げた論文を持参して、内容や英語をチェックしてもらいました。

#### 逆問題とは、結果から原因を割り出すこと

さて、私が大学院で狙っていたことのひとつは、地球上にいながら、つまり地上観測データから宇宙空間を流れている電流の分布を知ることでした。地球上には、200にのぼる数の定点地磁気観測所があり、刻々と磁場ベクトル値を記録しています。確かに、人工衛星による宇宙での観測は直接的です。しかし、それらの観測は衛星の軌道に限られ、圧倒的に観測点が少ない。さらに、地球

に根を持つ磁力線は宇宙空間まで延びているので、地上磁場データには、宇宙で起きていることの全情報が含まれているに違いありません。まさに  $\text{curl } B = j$  から、電流分布が計算できるのではないかと。これは、観測された磁場分布からもとの電流を推定する、いわゆる“逆計算”の一種。話は簡単なようですが、解は一義的ではなく、オーロラが高める電気伝導度を介して、渦中の方程式はどんどん複雑になります。

一旦、電流分布がわかったら、「その電流は何処から来て、何処へ行くのか」「つまり、発電所はどこにあるのか」「どのような電場のもとに生じている電流なのか」「太陽風の役割は何か」「オーロラが突然活発になるとき（オーロラ爆発のとき）、何が、なぜ突然変わるのか」と、未解決の関連問題が次々と押し寄せて来ます。これらの問題を解くにも、最新のデータが必要です。自分のアイデアを述べ、共同研究を申し入れるのです。

変数間の因果関係を整理して何本かの重要な式にまとめてみようと思ってから、意図した形として完成するまで何年もかかりました。関係性を整理して福島先生のところへ持っていったところ、「ここまでなら、多くの人が到達している」の一言。がっくりきていたところに、「が、今まで解けた人は誰もいない」には勇気づけられました。100年間にわたり、誰も成功していないと聞けば、闘志がわいてきました。

#### 天才 Richmond と友人になる

この一連の計算を論文として発表できたのは1981年のことです。任意の非一様電気伝導度に対して、地上磁場分布を入力にして3次元電流系が数値計算できるようになったのですが、この歴史的な仕事は、私が在籍していた NOAA に UCLA からやってきた1人の天才大気科学者 A. D. Richmond の援助なしでは語ることはできません。福島先生の研究室で、オーロラの中を流れる電離層電流、磁力線に沿った電流、電位、電気伝導度、電離層電流から出るジュール熱などを含む連立

方程式系を書き出しながら、それらを同時に満足する現実的な解を求める長期戦の幕開けでした。

Richmond は私の傍らに腰を下ろし、何ページにもわたって展開された1本（たった1本!）の左辺と右辺を何やら独り言をいながら比べ、部分的にはもっと計算を進め、私が長い年数温めて来た複雑な式をどんどん簡単にしていくのです。彼の深い洞察力、高い基礎数学の実力と経験。彼のお助けにより、私が設定したゴールはどんどん近づきました。私としては、「もうやるべきことはすべてやった」という、妙に自信に満ちた心境でしたから、この歴史的重要性を感じさせる私の提案の実施にあたり、米国大気科学研究所は、微分方程式の数値解法のために優秀な専属プログラマーをつけてくれました。

こうして得られた地球磁場変動から3次元電流を推定する方法を独り占めするのはもったいなく、「コードを使いたい方々には公開します」という招待状を20人ほどの友人に送りました。私自身は人工衛星やレーダーのデータも積極的に取り込み、電離層電気伝導度の要素や電場/電位の観測データを使い、逆計算法をどんどん改良していきました。平均的な分布はもとより、個々のオーロラ活動が変動する成分を持ち、meridian chains of observatories プロジェクトの代表による国際会議を開催したことも楽しい思い出です。極域電流系が2つの基本パターンで構成されていることが確認されました。また、オーロラのない場所にも、ときとして大きな電流が流れていることなど、大事な発見にもつながりました。

何よりもうれしかったのは、数年後あの Richmond からメールが届いたこと。“Next month I will stop at your office on my way home from China. Tell me how you differentiated substorm expansion field from the rest?” 新しい方向性をもった共同研究の匂いがしました。私も必要とされている!



## 平 朝彦

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 理事長

専門分野 地質学, 海洋掘削科学

### 国際深海掘削計画と「ちきゅう」 —人類の未来を掘り開く—

1957年春、ハリー・ヘス (Harry Hess) とウォルター・ムンク (Walter Munk) 両博士は、「地球科学には、その全体を推進できるような大きなプロジェクトが存在していない」ということで意見が一致し、海洋地殻を貫通しその下のモホ面を掘り抜くという壮大なプロジェクトを考えだした (Bascom, 1961 による)。深海科学掘削計画の創成期のことである。このモホール計画は、技術的困難と財政難によって中止となり、その後、グロマーチャレンジャーによる深海掘削計画へと変身し、海洋底拡大説の立証、地球環境変遷史の編年などの金字塔を立てたことは、誰もが知っていることである。掘削船はジョイデスレゾリューションへと替わり、計画自体も国際的な広がりを持った新しい枠組みへと進化していった。

1980年代後半に日本の研究者の中で、ライザー掘削船を作ろうということが話題になってきた。それをリードしたのが、故奈須紀幸先生である。日本列島は世界で最も地球内部活動の活発な場所の一つに位置しており、深海掘削は、海洋立国を目指す日本にとって、非常に大切な科学技術であるというのがポイントであった。これまでの深海掘削の経験から、日本近海では、特に掘削孔の安定性が悪く、海水を使う従来の掘削方式では、海底下 1,500 m 以上の深い孔を掘ることがほとんど不可能であったから、泥水を使うライザー掘削技術が必要と考えられた。しかし、当時、ライザー管の長さは、せいぜい 1,000 m 程度であり、それ以上の水深からライザー掘削を行うこと自体が、大きな技術的挑戦であった。

1990年代後半になると深海掘削に技術的な革新が起った。水深 2,000 m を越す深海で油・ガス田が発見され、また、北海を中心に発達してきた海洋掘削の技術の蓄積が、大水深での掘削を可能としてきたからであった。しかし、水深 2,000 m を越す深海で直径 1 m ほどあるライザーパイプを制御することは、容易なことではない。この間、様々なノウハウの蓄積がなされていった。

当時、国際深海掘削計画 (ODP) は、2003 年で一旦、終了することが決まっていた。その後の計画をどうするのか、検討が始まっていた。日本からのライザー科学掘削船 (ゴジラ丸とも呼ばれていた) の提案は、驚きとともに、次世代の深海掘削を切り開くプロジェクトとして歓迎された。国際委員会などにおける数年に渡る検討の末、新しい深海掘削計画は、日本のライザー掘削船とジョイデスレゾリューション、ヨーロッパが提供する特定任務掘削プラットフォームの 3 つの掘削装置が稼働する「あらゆる海洋の掘削を可能とする」統合国際深海掘削計画 (IODP) としてスタートすることが決まった。ライザー掘削船の建造は、海洋科学技術センター (JAMSTEC) が実施することとなり、ついに 2005 年に完工した。その名は「ちきゅう」。当時、2,500 m 水深でライザー掘削を実施できる掘削船は、世界で数隻しか存在していなかった。

「ちきゅう」の運用は、その後、多くの困難に遭遇した。慣熟訓練中に爆弾低気圧に遭遇しライザーテンショナーを破損、材料強度不足によるアジマススラスタの故障、そして東北地方太平洋沖地震時の津波により八戸港でスラスタ 1 基が破損した。また、予算面でも、機材や燃料費の高騰などにより苦しんできた。それでも、外部資金を獲得しつつ、JAMSTEC と日本企業への技術蓄積を着実に実施し、かつ、最大の目標である科学掘削においても、大きな成果をあげてきた。沖縄トラフでは、差し渡し 3 km 以上の巨大な地下熱水プールを掘り当て、熱水循環システムのスケールに見直しを迫ることとなった。下北沖の石炭層掘削においては、海底下 2,200 m に地下微生物圏の限界を発見するとともに、超低エネルギー状態における生物の生き残り戦略にも光を当てた。また、南海トラフでは、プレート境界断層の海溝前縁部が、地震性高速すべりを起こしていたことを発見した。さらにそのことは、東北地方太平洋沖地震のプレート境界の掘削により、境界断層のサンプルの採取や長期モニターに

よって断層から高速すべり摩擦熱による温度異常の検出成功に繋がった。

2012 年にウォルター・ムンク先生が「ちきゅう」を訪問した。90 歳以上という高齢であるが、元気凛冽、モホールへの情熱は衰えることを知らなかった。50 年以上の時を超え、深海科学掘削の創成者を迎えることができたのは感激以外の何者でもなかった。「ちきゅう」の研究室を「ウォルター・ムンク研究図書室」と命名した。

私は、深海掘削の科学技術が、地下微生物圏研究など、新たな科学の創成とともに、日本そして人類の抱える困難な課題の解決にも大きな貢献をすると確信している。科学史上、最も成功してきたこの国際共同研究には、未踏領域への挑戦という科学の伝統とともに、未来を切り (掘り) 開くポテンシャルが存在しているからである。半世紀前に始まったこの伝統を、ぜひ、若い世代が受け継いでいって欲しい。ウォルター・ムンク先生の訪問で、そのことを教えていただいたと思っています。



## 八木 健彦

東京大学名誉教授, 愛媛大学客員教授

専門分野 高圧地球惑星科学, 高圧物性科学

### 量子ビームと地球科学

はからずも今年「鉱物物理学, 特に量子ビーム高圧地球科学分野への顕著な貢献」ということで JpGU フェローに選出させていただきました。しかし「量子ビーム」という言葉はほとんどの方にとっては馴染みのない言葉でしょう。この機会に、量子ビームが何なのか、それが地球科学にどのように役立つのか、といったことを紹介させていただこうと思います。

量子ビームという言葉は、つくばの高エネルギー物理学研究所や西播磨の SPring-8 のシンクロトロン放射光源、東海村の大強度陽子加速施設 (J-PARC) などの大型施設で生み出される、超強力な X 線、中性子線などの総称です。これらの施設で生み出される X 線や中性子線は、従来に較べて桁違いに強い強度や指向性を持ち、マイクロサイズの極微小試料でも、結晶構造や物性などさまざまな情報を引き出すことを可能にします。

私自身は地球の深部構造を明らかにするために、超高压高温状態を実験室で作りだし、さまざまな鉱物などの極限条件下での振る舞いを明らかにする研究を行ってきました。地球深部に関するもっとも直接的な情報は地震学で得られますが、それは弾性的性質がどのように分布しているかという情報がほとんどで、それだけでは地球内部でどのような物質がどんな状態にあるのか、という問いには答えてくれません。一方、岩石や隕石の研究から、地球深部を構成する物質 (化学組成) に関する情報も得られますが、同じ化学組成でも地球深部の超高压下では、地表とは全く違う性質を持つ物質に変わってしまうことがほとんどです。そこで、このような超高压高温実験をもとに地球深部を理解しようとする「高圧地球科学」という分野が、1960 年代から本格的に発展してきました。しかし、私が大学院生の頃はまだ、地表から深さ 300 km 程度の条件 (10 万気圧程度) を再現するのが精一杯で、地球の半径 6,400 km に較べるとまだほんの浅部の研究しかできませんでした。

この分野の研究は、より高压での実験が、

より地球深部の研究に直結するわけで、実験技術の開発が大変重要な役割を持っています。私は主として、ダイヤモンドアンビル装置と呼ばれる、ダイヤモンドを対向させて試料を加压し、レーザー光で加熱して超高压高温状態を生み出す高圧技術と、結晶構造や物性を解明する測定技術の開発に力を注いできました。このような研究に飛躍的な進歩をもたらしたものが、つくばの高エネルギー物理学研究所に建設された、フォトンファクトリー (PF) と名付けられた放射光 X 線実験施設だったのです。1980 年頃に “MAX-80” と名付けられた大型プレスを使った超高压高温 X 線実験装置の設計・建設を国内の多くの高圧研究者と協力して進め、それを用いて、精密な状態方程式や相転移のカイネティクス、熔融ケイ酸塩の構造やその粘性測定など、従来の装置では全くできなかった新しい研究が可能になりました。しかし圧力領域は 10 万気圧程度までに限られていたため、1995 年に特別推進研究という大型科研費をもらってレーザー加熱ダイヤモンドアンビル装置を使った新しい装置を PF に建設し、100 万気圧領域までの実験が可能になりました。その後同様の装置が SPring-8 にも設置され、さらに改良が重ねられ、ついにポストペロフスカイトというそれまで全く知られていなかった鉱物が、マントル最深部で重要な役割を果たしているという大きな発見につながったわけです。この実験技術はその後も改良が重ねられ、最近では地球中心部に相当する 360 万気圧、5,000 K という超高压高温条件下での精密な X 線実験も行われるようになりました。このような極端条件に保持できる試料の量はごく微量なため、シンクロトロン放射光の強力な X 線を、太さ数マイクロに絞り、高輝度の光をうまく利用することで、このような研究が可能になったわけです。

こうして、今や圧力温度だけでいえば、地球内部のどんな場所における条件下でも X 線実験が可能になったわけですが、X 線では地球深部物質の性質に大きな影響を与える

水や水素を見ることはできません。中性子を使うと水素の情報が得られるのですが、従来から使われていた原子炉から発生する中性子線では強度が不十分で、高温高压下での実験は不可能でした。そこで東海村の J-PARC に新しくできた高強度のパルス中性子源を利用して高温高压中性子回折実験装置の建設をするべく、若手の研究者たちと協力して科研費の新学術領域研究を申請し、幸いにも 2008 年にそれが認められました。東日本大震災のため、J-PARC そのものが丸 1 年間ストップしてしまうといった予想外の困難も多々ありましたが、若い人達の大変ながんばりのおかげで何とか無事完成まで漕ぎつけ、地球深部物質における水素が果たす役割を、原子レベルから解明する研究がようやく緒に就いて、いろいろと面白い研究成果が見え始めてきたところです。

このような量子ビームを使った研究は、巨大施設でのみ可能なわけですが、研究そのものは個々の研究者の着想や解析が一番大切になる「スモールサイエンス」です。実験がうまく行くときは、1 日で修士論文をまとめるのに充分なぐらい多量のデータが取れてしまいます。しかしサイエンスを進歩させるのは、最終的には個々の研究者の頭の中で生み出したある作業仮説に基づいて実験を行い、その解析を通してまた新たな実験を繰り返す、といった努力の積み重ねです。ところが、この頃は実験装置そのものが巨大かつ複雑になって、下手をすると研究者が実験装置を使いこなすのではなく、逆にそれに使われてしまうということが起きかねません。また膨大なデータを解析して有効に使うことも容易ではありません。このような研究方法の変化は、地球科学の他の分野でも起こっていることでしょう。実験や観測技術の進歩それ自身は大変うれしいし、かつ必要なことですが、それを十分に使いこなす新しい方法論の開発も進めることが、今後一層重要になってくるのではないかと、改めて考えさせられるこの頃です。

## 公 募情報

①職種②分野③着任時期④応募締切⑤URL

### 京都大学 防災研究所 斜面災害研究センター

①准教授 ②地すべり・崩壊の発生及び天然ダム等の形成に至る崩壊土砂の運動・堆積過程についての研究 ③採用決定後できるだけ早い時期 ④ H27.11.16 ⑤ <http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/news/5615/>

### 京都大学 防災研究所 地震予知研究センター

①准教授 ②地震の発生過程および発生予測の研究 ③ H28.04.01 ④ H27.11.16 ⑤ <http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/news/5622/>

### 国立天文台

①特任研究員十数名 ②プロジェクトにより異なる ③ H28.04.01 ④ H27.11.16 ⑤ <http://www.nao.ac.jp/contents/job-vacancy/job-20150930-project-pd.pdf>

### 東京大学 大気海洋研究所

①准教授 ②海洋底環境分野 ③ H28.04 以降のできるだけ早い時期 ④ H27.11.17 ⑤ <http://www.aori.u-tokyo.ac.jp/recruit/20151117.html>

### 東京大学 地震研究所

①地震研究所特任研究員(若干名) ②12の研究テーマ(詳細はURL参照) ③ H28.04.01 以降のできるだけ早い時期 ④ H27.11.27 ⑤ [http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/?page\\_id=181](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/?page_id=181)

### 広島大学 大学院理学研究科 地球惑星システム学専攻

①教授 ②地球化学的な手法に基づく地球惑星システム学関連分野 ③ H28.04.01 ④ H27.11.30 ⑤ [http://www.hiroshima-u.ac.jp/upload/0/saiyo\\_syusyoku/kyoinkobo/20150909\\_rigaku2.pdf](http://www.hiroshima-u.ac.jp/upload/0/saiyo_syusyoku/kyoinkobo/20150909_rigaku2.pdf)

### 東京大学 大学院理学系研究科 天文学専攻 天文学理学講座

①地震研究所特任研究員(若干名) ②12の研究テーマ(詳細はURL参照) ③ H28.04.01 以降のできるだけ早い時期 ④ H27.11.27 ⑤ [http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/?page\\_id=181](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/?page_id=181)

### 東京大学 大学院理学系研究科 附属天文学教育研究センター

①教授 ②観測天文学 ③ H28.04.01 ④ H27.11.30 ⑤ <http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/open-positions/8610/>

### 高エネルギー加速器研究機構

①博士研究員(常勤) ②中性子科学研究 ③ H28.04.01 ④ H27.11.30 ⑤ <http://www.kek.jp/ja/Jobs/ReseachingStaff/impf15-5-j.pdf>

### 国立天文台

①特任専門員 ② Hyper Supreme-Cam のデータ解析サポート ③ H28.01.01 ④ H27.11.30 ⑤ <http://www.nao.ac.jp/contents/job-vacancy/job-20150924-hawaii2.pdf>

### 国立天文台 ハワイ観測所

①年俸制職員(特任専門員:データベース担当)1名 ②データベースシステムの構築・運用ほか ③ H28.01.01 ④ H27.11.30 ⑤ <http://www.nao.ac.jp/contents/job-vacancy/job-20151019-hawaii.pdf>

### 国立天文台 ハワイ観測所

①年俸制職員(特任専門員:ヘルプデスク担当)1名 ②データ解析ほか ③ H28.01.01

④ H27.11.30 ⑤ <http://www.nao.ac.jp/contents/job-vacancy/job-20150924-hawaii2.pdf>

### 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻

①准教授 ②宇宙惑星プラズマ物理学 ③採用決定後できるだけ早い時期 ④ H27.12.01 ⑤ [http://www.eps.s.u-tokyo.ac.jp/recruit/Plasma\\_jp\\_20151001.pdf](http://www.eps.s.u-tokyo.ac.jp/recruit/Plasma_jp_20151001.pdf)

### 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻

①准教授 ②太陽系探査科学 ③採用決定後できるだけ早い時期 ④ H28.01.04 ⑤ [http://www.eps.s.u-tokyo.ac.jp/recruit/Planetary\\_jp\\_20151001.pdf](http://www.eps.s.u-tokyo.ac.jp/recruit/Planetary_jp_20151001.pdf)

### 鳥取大学 大学院工学研究科 社会基盤工学専攻

①寄附講座助教 ②資源地質 ③ H28.04.01 ④ H28.01.05 ⑤ <http://akebia.jim.tottori-u.ac.jp/info/koubo/koubo-civ-2710.htm>

## 募 集情報

詳細は各 URL をご参照下さい。

### 海洋研究開発機構

平成28年度地球シミュレータ公募課題募集  
内容: 海洋研究開発機構では、平成28年度の地球シミュレータ公募課題を募集いたします。

募集開始時期: 平成27年12月上旬  
<http://www.jamstec.go.jp/es/jp/project/general.html>

## イ ベント情報

詳細は各 URL をご参照下さい。

### ■第6回極域科学シンポジウム

日時: 2015年11月16日(月)~19日(木)  
場所: 国立極地研究所, 他  
主催: 国立極地研究所  
内容: 極域科学研究の成果発表と情報交換のためのシンポジウム  
<http://www.nipr.ac.jp/symposium2015/>

### ■ International Symposium on Present and Future of Material Sciences (マテリアルサイエンスの動向)

日時: 2015年11月17日(火)~18日(水)  
場所: 大阪大学 豊中キャンパス シグマホール  
主催: 日本学術振興会 学術システム研究センター  
内容: 物性物理学, 工学, 化学, 高圧地球科学などを含む幅広い分野におけるマテリアル・サイエンス研究の最前線を俯瞰し, 学術的な視点から今後の展望を探る。  
<http://thmat8.ess.sci.osaka-u.ac.jp/Meeting2015/>

### ■ HAYABUSA2015 3rd Symposium of Solar System Materials (第3回宇宙物質科学シンポジウム)

日時: 2015年11月18日(水)~20日(金)  
場所: 宇宙科学研究所  
内容: 「はやぶさ」帰還試料の国際公募研究の成果を中心とした国際シンポジウム。トピックは、はやぶさ国際公募研究の分析, 地球外試料キュレーション, 始原的天体探査ミッション, 惑星物質試料の分析, 地上・リモセン観測・天体表層の物質進化, 太陽系

天体の進化過程の理論・実験・観測研究, 分析科学手法の技術開発・研究, その他関連分野の研究など。今回は特に地球外試料のキュレーションと始原的天体探査ミッションに焦点を当てた内容を予定。

<http://hayabusao.isas.jaxa.jp/symposium/program.html>

### ■ CSIS DAYS 2015

日時: 2015年11月19日(木)~20日(金)  
場所: 東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト  
主催: 東京大学空間情報科学研究センター  
内容: 空間情報科学に関する研究成果の発表  
<http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/csisdays2015/>

### ■地球観測連携拠点(温暖化分野)平成27年度ワークショップ「衛星による地球観測の現状と今後の展望」

日時: 2015年11月19日(木)  
場所: 千代田放送会館ホール  
主催: 地球温暖化観測推進事務局/環境省・気象庁  
内容: 気候変動・水循環変動・生態系等の地球規模の監視・解析・予測に貢献する我が国の地球観測衛星の現状と将来展望について紹介  
<http://occo.nies.go.jp/151119ws/index.html>

### ■高尾記念市民公開講座「火山国日本 知って備えて楽しむ火山」

日時: 2015年12月5日(土)  
13:30~15:00(開場13:00)  
場所: 国立科学博物館 日本館 2F 講堂  
主催: 公益財団法人 日立財団  
定員: 100名(受付順)  
参加費: 無料  
内容: 名古屋大学環境学研究所地震火山研究センター教授の山岡耕春氏を講師にむかえ「火山」をテーマに開催。  
<http://www.hitachi-zaidan.com/topics/topics008.html>

### ■国立天文台講演会 時空を超えた挑戦: 一般相対性理論100周年と重力波天文学

日時: 2015年12月13日(日)  
場所: 一橋講堂  
主催: 自然科学研究機構 国立天文台  
内容: 一般相対性理論がもたらした我々の宇宙に対する理解の歴史を紹介するとともに100年の宿題に挑戦する最先端の研究現場の雰囲気伝える  
<http://www.nao.ac.jp/news/notice/2015/20150918-naoi-lecture.html>

### ■第28回理論懇話会シンポジウム「宇宙における天体形成から生命まで」

日時: 2015年12月23日(水)~25日(金)  
場所: 大阪大学豊中キャンパス 基礎工学部国際棟シグマホール  
参加費: 無料  
内容: 「惑星形成と生命」を中心テーマに据えつつ, 関連する幅広い分野を取り上げ, 「われわれはどこからきたのか」を考える。  
<http://vega.ess.sci.osaka-u.ac.jp/~rironkon15loc/>

公募求人及びイベント情報をお寄せ下さい  
JGLでは、公募・各種イベント情報を掲載してまいります。大学・研究所、企業の皆様からの情報もお待ちしております。ご連絡は<http://www.jpgu.org/>まで。

公募及びイベントの最新情報はwebに随時掲載しております。 <http://www.jpgu.org/> をご覧下さい。

貴社の新製品・最新情報を JGL  
に掲載しませんか？

JGL では、地球惑星科学コミュニティへ新製品や最新情報等をアピールしたいとお考えの広告主様を広く募集しております。本誌は、地球惑星科学に関連した大学や研究機関の研究者・学生に無料で配布しておりますので、そうした読者を対象とした PR に最適です。発行は年 4 回、発行部数は約 3 万部です。広告料は格安で、広告原稿の作成も編集部でご相談にのります。どうぞお気軽にお問い合わせ下さい。詳細は、以下の URL をご参照下さい。

<http://www.jpgu.org/publication/ad.html>

【お問い合わせ】

JGL 広告担当 宮本英昭  
(東京大学 総合研究博物館)  
Tel 03-5841-2830  
hm@um.u-tokyo.ac.jp

【お申し込み】

公益社団法人日本地球惑星科学連合 事務局  
〒113-0032 東京都文京区弥生 2-4-16  
学会センタービル 4 階  
Tel 03-6914-2080  
Fax 03-6914-2088  
office@jpgu.org

個人会員登録のお願い

このニュースレターは、個人会員登録された方に送付します。登録されていない方は、<http://www.jpgu.org/> にてぜひ個人会員登録をお願いします。どなたでも登録できます。すでに登録されている方も、連絡先住所等の確認をお願いします。

**日本地球惑星科学連合  
2016年大会**  
2016.5.22 Sun ▶ 5.26 Thu  
千葉県 幕張メッセ

**投稿 受付期間**  
早期 2016年1月7日 ▶ 2月3日 24:00  
通常 2016年2月4日 ▶ 2月18日 12:00

**参加登録 受付期間**  
早期 2016年1月7日 ▶ 5月10日 17:00  
通常 2016年5月10日17:00 ▶ 5月26日

**Japan Geoscience Union Meeting 2016**  
For Borderless world of geoscience