



## TOPICS

新学術領域「南極の海と氷床」始動	1
重力散乱でできる奇妙な惑星系	3
新学術領域研究「スロー地震学」	5

## NEWS

学術会議だより	
第24期日本学術会議始動	8
日本学術会議の動向	11
ORCID コミュニティの拡がり	11
第11回国際地学オリンピック・フランス大会を終えて	12
第14回国際地理オリンピック大会報告	12

## SPECIAL

フェロー授賞記念特集	9
------------	---

## INFORMATION

	20
--	----

## TOPICS 極域科学

## 新学術領域「南極の海と氷床」始動

情報・システム研究機構 国立極地研究所 川村 賢二

近年、地球最大の淡水リザーバである南極氷床が減少傾向であるとの報告がなされ、海水準への影響が懸念されている。南大洋は底層水の沈み込みで海洋大循環をコントロールする熱のリザーバであり、物質循環にも大きな影響力を持つ。氷床融解による淡水の流出は海洋を成層化し、海洋大循環やCO<sub>2</sub>吸収を変化させ、全球気候に大きな影響を及ぼす可能性があるとともに、海洋の変化が氷床融解をさらに促進することも考えられる。このように、南極氷床と南大洋は一体となって全球環境に大きな変動をもたらす潜在力を秘めている。新学術領域「熱-水-物質の巨大リザーバ：全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床」（略称：南極の海と氷床）では、多分野の研究者が連携・融合を進め、このシステムの理解と将来予測をめざして「南極環境システム学」を創成する。

### 熱-水-物質の巨大リザーバ

地球の水の約90%を有する南極氷床は、海水準換算で約60mに相当する淡水リザーバである。約300万年前や40万年前、12万年前の温暖期には、南極氷床は現在よりも小さく海水準が5mから最大20mほど高かったと推定されている。一方、南大洋では南極底層水という最も重い水が生成される。これは全海水の30-40%を占める巨大な（負の）熱のリザーバであり、その量や水温の変動は海洋大循環（熱塩循環）のパターンや強度をコントロールし、地球の熱の分配への影響を通じて全球気候を左右する。広大かつ寒冷で生物生産が多い南大洋は、炭素の深海への最大の出入口でもあり、氷期-間氷期サイクルのCO<sub>2</sub>変動に南大洋が重要な役割を果たしたことが古環境データから示唆されている。このように、熱・水・物質の巨大リザーバである南極氷床と南大洋は、全球気候や海水準を決定づける最重要コンポーネンツである（図1）。

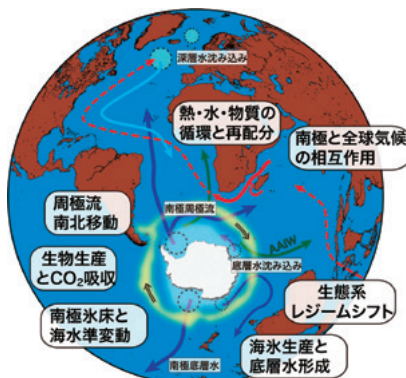


図1 全球気候変動を駆動する南大洋・南極氷床の概念図。

南極氷床は比較的安定であると考えられてきたが、最近、西南極の氷床縮小が相次いで報告され、関心が高まっている。しかし、南極氷床の融解・成長のプロセスや時間スケール等の詳細は明らかではない。IPCC第5次評価報告書は、20世紀後半の温暖化が人為起源である可能性は極めて高いと結論した一方、南大洋と南極氷床に関しては、観測の誤差やその気候モデルによる再現との

差が大きいことなどを報告した。西南極の温暖化や深さ5000mまでおよぶ南大洋の昇温が観測されているが、表層水温や東南極の気温に有意な温暖化は検出されず、海水は最近数十年で増加傾向にある。東南極には氷床が厚みを増している地域もある。南極氷床や熱塩循環には一度超えてしまうと容易に後戻りが効かない「ティッピング・ポイント（Tipping point）」が存在し、そこに近づいている可能性も指摘されているが、実態はわかっていない。

### 地域性と相互作用の理解が鍵

北半球氷床の氷期・間氷期変動は、大気-氷床-固体地球の相互作用で生じたことが、気候・氷床モデルとアイスコアデータの連携から明らかにされた（Abe-Ouchi *et al.*, 2013）。それに対して、南極氷床の変動では棚下への暖水貫入による底面融解が鍵であり、氷床-海洋の相互作用が重要である（Tamura *et al.*, 2012）。温暖化には積雪増加の働きもあり、その定量化も必要だが、東南極には年降水量が100mm以下の領域が広大にあり、変化を検出して氷床質量収支に結びつけることは容易でない。

氷床縮小がもたらす淡水は海水の低塩分・低密度化を招き、南極底層水の生成を弱体化させ、熱塩循環を変化させる可能性が高い。海洋の成層構造を安定化させて亜表層の水温上昇を招き、さらなる氷床損失をもたらすことも考えられる。また、CO<sub>2</sub>増加による海洋酸性化は冷たい極域の海で最大

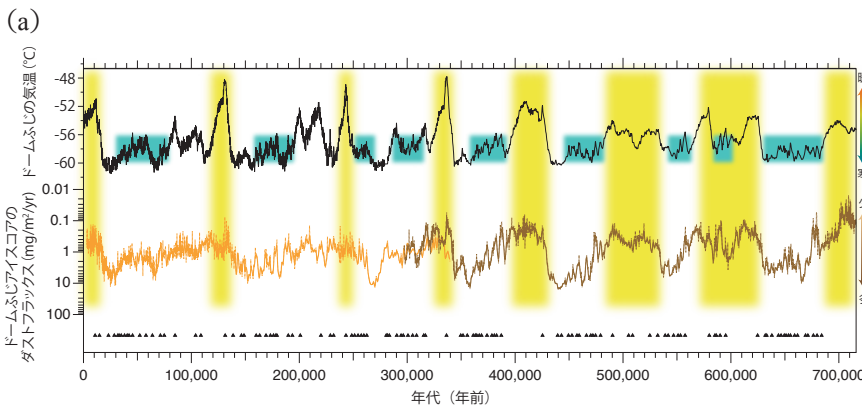
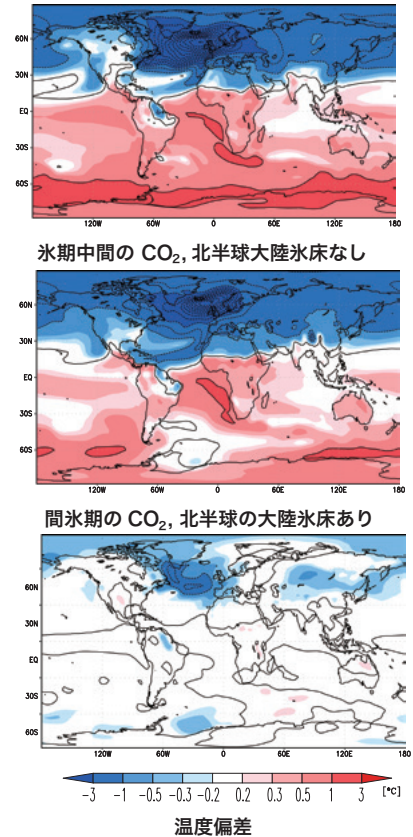


図2 (a) 南極ドームふじアイスコアから得られた過去72万年間における気温とダストフラックス変動。気温極大のタイミング（最下段の黒三角）とその頻発期（青色）、および間氷期（黄色）を示す。(b) 大気海洋結合大循環モデルMIROCによるシミュレーション。(上) 基準となる条件として氷期の中間的なCO<sub>2</sub>濃度と氷床形状を与えたうえで、北大西洋北部に淡水を500年間加え続けた後の温度変化。(中、下) 大気中二酸化炭素濃度または北半球氷床のみを氷期の中間状態に設定した感度実験結果。これらの結果から、氷期の北半球氷床の存在よりもCO<sub>2</sub>低下による南極底層水の増大の方が、気候の不安定性（北大西洋深層水が弱体化しやすくなり全球の熱分配が変化しやすくなること）の背景要因として重要であることがわかった。

(b) 氷期の中間状態 (CO<sub>2</sub> と北半球氷床)



氷期中間のCO<sub>2</sub>, 北半球大陸氷床なし

間氷期のCO<sub>2</sub>, 北半球の大陸氷床あり

温度偏差

となり、莫大な生産量を持つ南大洋生態系の変化を通じて全球炭素収支に影響する可能性もある。

南極氷床や南大洋の変容は、全球環境変化の前兆かつ駆動力である可能性が高いが、観測の困難さのために理解やモデル化が難しく、その傾向は特に広大な東南極側で顕著である。これに対し、底層水生成域の発見や、過去数十年にわたる海洋酸性化や氷床質量収支など観測データの蓄積、数十万年にわたる海洋・大気環境・気候の復元、過去数百万年の氷床高度復元など、日本が新しいサイエンスの扉を開きつつあることも確かである。

ここで、データとモデルが連携して南極の重要性を明らかにした例として、第2期ドームふじアイスコアとMIROC 全球気候モデルによる成果を紹介する (Kawamura *et al.*, 2017, 極地研プレスリリースも参照)。本研究では、北半球氷床に起因すると考えられていた全球気候の不安定性について、南極の気温が氷期のうち中間的な値を示す時（亜氷期と亜間氷期が出現する時）にその頻度が高まることを、72万年間の南極の気温指標とダストフラックスから明らかにした (図2a)。最終氷期における全球気候変動にともなう、南極の昇温とダストフラックスの減少（中緯度の湿潤化または風の弱化を示す）が例外なく起こったことから、グリーンランドのアイスコア（最古のもので約12万年）が届かない長期にわたる気候変動の発生頻度を南極アイスコアから推定できたのである。その上で、気候モデルで北大西洋に淡水を500年間供給する実験から、外部強制力への大西洋子午循環の応答と全球気候への影響が、やはり氷期の中間的な時期に強まることを見いだした (図2b)。さらに、北半球氷床とCO<sub>2</sub>の影響を分離した感度実

験から、その背景要因がCO<sub>2</sub>低下による南大洋の寒冷化と底層水の供給増大であることを明らかにした。

南極域の複雑な相互作用を紐解くには、多様な研究のさらなる連携が不可欠である。たとえば、筆者がおこなった第1期ドームふじアイスコアの年代決定精度の高さは世界的に類を見ないが、これを第2期コアでは過去72万年間にまで拡張し、そのうえで新たなCO<sub>2</sub>分析をおこなったり、海底コアや地形情報などの古環境データとの対比によってそれらに統一的な年代を与えたりしたうえで、モデルへの入力・比較データとして用いる。また、氷床・海洋・大気の相互作用にかかる現場観測データを新技術によって取得・解析し、それらの知見を取り入れた気候-氷床モデルや海洋・物質循環モデルを用いた数値実験を長期に展開する。観測とモデルの融合から、過去-現在-将来を通した南極環境システムの応答特性を解明する必要がある。

### 新 学術領域研究「南極の海と氷床」

今年発足した本新学術領域「南極の海と氷床」は、異なる時間・空間スケールの様々な相互作用の理解と予測のため、いま起こっている現象の解明と、過去の変動や全球気候との関係の解明を観測系の両輪とし、それらとモデリングを統合的に進めることを研究戦略とする (図3)。東南極を主なターゲットとした観測と、地域スケールから南極全体、全球までを対象としたモデル研究を融合させ、底層水・周極流・生態系・氷床・固体地球の実態と変動の素過程、およびそれらの相互作用を明らかにする。そのため、本領域では南大洋、南極氷床、探査、モデリングにかかる4研究項目を設定し、公募研究を4項目で募集する。

A01-1 (底層水班：代表者 大島慶一郎・北海道大学) は、底層水の状態・変動とそれに伴う物質循環過程を明らかにする。A01-2 (古海洋班：代表者 池原実・高知大学) は数百万年間にわたる海洋循環と海水の変動を復元し、全球変動との相互作用を解明する。A01-3 (生態系班：代表者 茂木正人・東京海洋大学) は海水域の生態系構造とその動態、海水変動が海洋生態系と物質循環に及ぼす影響を明らかにする。

A02-1 (氷床班：代表者 川村賢二・極地研究所) はアイスコア分析と現場観測により南極氷床と気候の過去から現在に至る変動を把握し、モデルと連携してメカニズムや相互作用を理解する。A02-2 (固体地球班：代表者 福田洋一・京都大学) は精密観測から固体地球応答 (GIA) モデルを高精度化し、氷床質量収支の変動を明らかにする。

A03 (探査班：代表者 野木義史・極地研究所) は、無人探査技術により氷の下の海底地形や海水特性、空中からの高精度表面形状の計測を可能にし、未探査領域のデータを取得する。

A04 (モデル班：代表者 阿部彩子・東京大学) は、大気・海洋・氷床にかかる多階層のモデリングを駆使し、精密な現場観測データを統合した解析を行う。南極と全球の気候変動の長期スケールを含む相互作用を理解し、

南極の「ティッピング・ポイント」の把握を目指す。

公募研究 B01「大気物理とモデリング」では南極大気素過程や大循環、領域モデル、全球高解像度モデル研究、B02「各種の衛星観測」では計画研究に含まれない人工衛星リモートセンシング、

B03「新しい観測・分析手法を用いた研究」ではバイオリギングや比較的安価な無人機による観測や、古環境指標（プロキシ）の開発と高精度化など、B04「取得データの解析とモデリング」では計画研究と異なる観点でのデータ解析やモデリング研究などを募集する。これまで南極を研究対象にしていなかった方々にも興味を持って参加いただけることを期待している。

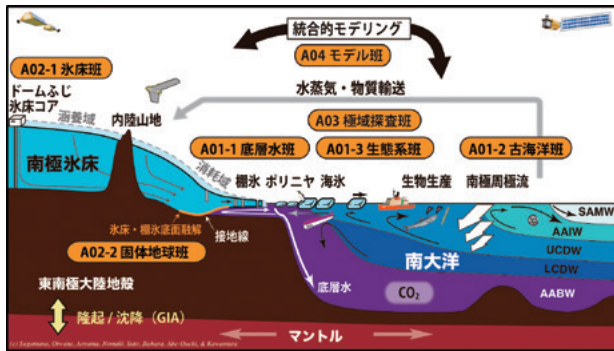


図3 本領域における研究対象と実施体制の概念図。

ニズムの解明に迫りたい。多階層の数値モデルによるシミュレーションと現場観測データとの融合、分野横断による現場観測や、無人探査技術の工学的発展など、学際的側面の意義も大きい。気候の将来予測や社会影響などへの波及効果も期待される。

研究計画や研究進捗状況、学生・若手向

け「南極 春の学校」(2018年3月11-13日)の情報などは、領域ウェブサイト (<http://grantarctic.jp>) やニュースレターでお知らせしていく。JpGU 会員の皆様には、本領域へのご指導とご参加をお願いしたい。

—参考文献—

Abe-Ouchi *et al.* (2013) *Nature*, **500**, 190-193.

Kawamura *et al.* (2017) *Science Advances*, **3**, doi: 10.1126/sciadv.1600446.

Tamura *et al.* (2012) *Nature Communications*, **3**, doi:10.1038/ncomms1820.

■ 一般向けの関連書籍

河村 隆ほか編 (2016) *低温環境の科学事典*, 朝倉書店。

南 極環境システムの解明へ

本新学術領域では、氷床-海洋相互作用や、過去の南大洋と南極気候・氷床変動の復元、生物動態等の変動を解明することで、南大洋と南極氷床をひとつのシステムとして理解し、それらが種々の相互作用を通じて、全球環境変動に果たす役割とメカ



著者紹介 川村 賢二 Kenji Kawamura

情報・システム研究機構 国立極地研究所 研究教育系 気水圏研究グループ 准教授

専門分野：古気候学・雪氷学。氷床コア分析手法の開発と分析を行い、とくに南極のドームふじコアやグリーンランドの NEEM コアといった深層氷床コアの気体分析をもとに、気候変動や大気組成変動、それらのメカニズムに関する研究をおこなっている。

略歴：東北大学 博士(理学)、ベルン大学ポスドク研究員、スクリップス海洋研究所ポスドク研究員、東北大学助手、国立極地研究所助教を経て現職。著書(共著、分担)に「アイスコア」(成山堂)、「地球温暖化—そのメカニズムと不確実性」(朝倉書店)、「低温環境の科学事典」(朝倉書店)など。

TOPICS 惑星科学

重力散乱でできる奇妙な惑星系

久留米大学 医学部 長澤 真樹子

太陽以外の星をめぐる惑星は、系外惑星と呼ばれている。系外惑星は、地球や火星、木星など太陽系の惑星に見られるように、同じ向きを円軌道で回っているわけではなく、その軌道にダイナミックな多様性を持っている。惑星が奇妙な軌道を取る一因が形成進化の過程で生じる重力散乱である。惑星同士が近接する際に互いの重力によって軌道が変化するのだが、このとき軌道運動のエネルギーが散逸されると、星の近くを逆向きに公転する惑星や双子の惑星が形成されることもある。太陽系のような惑星系は稀なのか一般的なのかもまだよくわかっておらず、その点からも系外惑星の軌道の研究は興味深い。

惑星の母星からの距離で語ることができる(井田, 2011)。単純に、核融合している星に近いと熱くて、遠いと凍ってしまうからである。そういう点で、「地球によく似た惑星」は、「地球とよく似た軌道を持つ惑星」に属すると考えることもできる。

では、系外惑星は、「太陽系の惑星に似た軌道」をしているのであろうか。

宇宙の中の惑星

太陽系外に惑星が発見されてから20年以上が経過し、物心ついた時にはもう「他の星の惑星」は普通存在だったという人も多くなっている。

「地球によく似た惑星」と聞くと、海が

あって陸があって、青い空の下、微風に花がそよんでいる、といったイメージがかきたえられる。「花が咲いている」、すなわち、「生命が存在する」ためには、多種多様で複雑な条件が関与していると思われるが、生命が生まれたとされる「海がある」、つまり、「液体の水を持つ」という条件は、おおまかにはその

掟 破りの惑星

もちろん、系外惑星が「太陽系に似た軌道」をしていたら、話はここで終わりである。そう、系外惑星の軌道は、太陽系とはあまり似ていない。

惑星が太陽を回る絵は、雑誌の挿絵や科

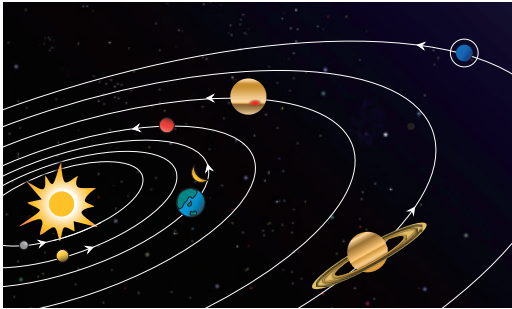


図1 太陽系のイメージ図。太陽系の惑星は同じような平面上を同じ向きにほぼ円軌道で運動している。

学館などの模式図で、誰もが一度は見たことがあるだろう(図1)。太陽系の惑星は1) 同じ平面上を、2) ほぼ円軌道で、3) 同じ向きで、4) 地球のような小さな惑星は太陽の近くを、木星のような大きな惑星は太陽から遠くを、回っている。このような軌道を取るには、回転する円盤から惑星がつけられるからといった相応に納得できる物理的理由がある。ところが、系外惑星にはこの納得できる理由を「捻破り」した軌道を描いているものが少なくない。

見つけやすい惑星は、その軌道や重さに特徴がある。星に近い、軌道がゆがんでいる、惑星が巨大であるなどは、発見されやすい条件の筆頭である。星が惑星の重力を受けて揺らぎやすく、惑星の存在を検出しやすいからである。星が惑星によって「日食」を起こすことを利用して、系外惑星を見つける手段もあるが、このときも星に近くて大きい惑星の方が有利になる。奇妙な惑星の方が、普通の振舞いをする惑星よりもずっと目立つ。

そういうこともあってこれまでに発見されてきた系外惑星には円軌道を描いていないものも多い。惑星の軌道が著しく扁平な円ということは、一瞬の「灼熱の夏」とだらだらと続く「極寒の冬」を持つことを意味する。つまり、軌道が太陽系と異なることは、「空が赤い」とか「太陽が4つある」とか見た目ですぐわかる違いではないけれども、十分に異世界といえる。

## 跳ね飛ぶ惑星

惑星の軌道が変わるのには、周囲のガスとの相互作用などのいくつかの理由があるが、ここでは、惑星同士の重力相互作用によって奇矯な軌道となった惑星について取り上げてみたい。

惑星はつけられる過程で、あるいは形成後に他の惑星からの重力の影響が積み積もることで、軌道が突如大きく乱れることがある。ひとたび軌道が乱れると、惑星同士は重力相互作用でお互いを振りまわし、一つの惑星が星近くに、相手の惑星は星の彼方に放り出されることになる(図2)。これを重力散乱とい

う。重力散乱では、角運動量の再分配も起きて、惑星の軌道は扁平な円軌道となることが多い。このことから、「エキセントリック木星」と呼ばれる扁平な円軌道を持つ一群の惑星(図2)は、重力散乱を経験したものが多くいだろうと考えられている。

巨大な木星は、本来は星から離れた寒いところで作られるものである。岩石に加え、氷も惑星の材料になるからだ。しかし星の近くに飛ばされた惑星は、星からの潮汐力を受け、円軌道へと移って行くと同時に、星へ星へと落ちていく。こうして、星の周りをわずかに数日でまわってしまう「ホット木星」と呼ばれるへんてこな木星型惑星(図2)ができる。系外惑星として最初に見つかったのは、こういうホット木星たちであった。

惑星が重力散乱を起こすと、太陽系のようなお行儀のよい惑星系ではなく、極端に軌道がゆがみ、傾き、本来いるべき場所からずれた惑星系になってしまうのである(図2)。

## 双子の惑星

宇宙戦艦ヤマトに出てくるイスカンダルとガミラスは双子の惑星である。お互いの周りをまわりながら星の周りを公転している。ヤマトのクルーは、放射能除去装置を求めてイスカンダルに向かったつもりが、旅の果てに敵の惑星ガミラスが眼前に出現して大混乱する。萩尾望都著の漫画にも、アリトスカ・ラ、アリトスカ・レという双子の惑星が登場する。これらは白夜の季節や、毎日日食が起きる季節を持っていて、天体力学的にもその軌道は興味深い。

このようなSF定番の連惑星系は、現実の系外惑星系にあるのだろうか。

人の「双子」にはある種の「特別感」がある。しかし恒星では太陽のような一人っ子より双子(連星)の方が多くことに見られるように、宇宙において双子はそう珍しいものではない。惑星の双子(連惑星)がいても一向に差支えない。

惑星が重力散乱を起こすとき二つの惑星は異常に接近する。この時に潮汐力などの散逸力が働くと軌道のエネルギーが失われ惑星が互いに束縛されてしまうことがある(図3)。特にガス

でできた惑星ではエネルギーが散逸しやすい。つまり木星が2つあって、それが重力散乱の際に表面すれすれまでに近づくと連惑星ができる可能性がある(Ochiai *et al.*, 2014)。そういう接近は重力散乱を起こす惑星のペアのうちの10%程度で起きると見積もられる。こうしてできた双子の惑星も、条件が悪いと双子のままではいられないが、ある程度星から離れている双子は、星の寿命くらいの間、安定に回っていることもできる。

観測的にはまだ、双子の惑星は見つかってはいない。言い訳をさせてもらえば、惑星が双子だったとしても、遠くの地球から見ている限り、それが双子であるかどうか判別できない。二つの惑星の距離が小さすぎるのである。そういう意味では連惑星は見つかりにくいといえる。

## 逆行の惑星

惑星は、決まった方向にまわっているガスと塵の円盤からつけられるから、角運動量を考えるとどの惑星も同じ向きに星の周りをまわっているのが通例である。しかし、大きな重力散乱が起きた後に惑星がどういった軌道となるかということ、それははっきり言ってランダムである。

惑星が2つだけだと、惑星は跳ね飛んで離れて、それで終わりだが、3つ以上の惑星が

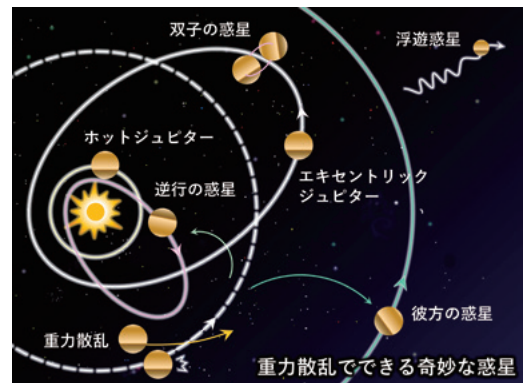


図2 重力散乱を介して作られる様々な軌道の惑星。



図3 互いに束縛された連惑星のイメージ図。黒い点は地球から見たときに惑星がつくる影のイメージ。

相互作用していると、運動はすこぶる複雑で、惑星は落ち着くまでにずっと長い時間を必要とする。近接散乱を繰り返しているこの間に、古在機構と呼ばれる振動現象を介して惑星の軌道がどんどん傾き、しまいには裏返ってしまうことがある(図2)。そうすると、ある惑星だけ他の惑星とは逆回りに星を公転するような事態が起きる(Nagasawa *et al.*, 2008)。これが逆行惑星のできる理由の一つである。星の近くを回る逆行惑星は結構見つかっている。

## さ すらいの惑星

惑星は太陽の周りを回っているもの。これは、太陽系における惑星の定義の一つである。これを系外に拡張するなら、惑星とは主星の周りをまわっているものということになるだろう。しかし、強い重力散乱が生じれば、惑星は星の重力を振り払うことができる。第3宇宙速度とよばれるものである。星の重力を逃れた惑星は宇宙を放浪することになる。太陽を持たない浮遊惑星である(図2)。もしも作用反作用で、エキセントリックジュピターがつくれるのと同じ数だけ浮遊惑星が作られるならば、相当な数の浮遊惑星が宇宙を彷徨っていることになる。惑星は星のようにキラキラ光ってはいないので、こうなるとなかなか見つけることは困難である。しかし重力レンズの効果を用いた観測からは、浮遊惑星の候補も発見されている。

## 響 きあう惑星

内側の軌道を運動する惑星は、

外側の軌道の惑星よりも速い速度で公転する。ケプラーの第3法則である。惑星系では、内側軌道の惑星が外側軌道の惑星を内側から追い越すイベントが定期的に生じる。惑星の公転周期が整数比であると、追い越しイベントはいつも軌道上の同じ場所で生じることになる。こうした関係にあることを、軌道共鳴にあるという。海王星と冥王星は軌道共鳴にある。このため、二つの惑星は交差する軌道にあるけれども、上手にお互いを避けてぶつからないでいることができる。

激しい重力散乱では、共鳴軌道に入るかどうかは運によるところが大きい、じわじわと惑星が移動するような場合には、惑星は共鳴に「はまって」しまうことも多い。海王星と冥王星のように、公転周期が整数比に近くなっている系外惑星は少なくない。安定性が高まって生き残りやすいことが理由の一つである。

## こ れからの惑星

大きな望遠鏡の建設計画も進み、現在の系外惑星の研究の主流は、軌道の研究よりもむしろ、大気など惑星そのものの個

性を調べる「キャラクタライゼーション」に移ってきている。とは言え、「地球には水があって火星表面にはない」ことの最大の枠組みは、惑星の大きさや軌道の条件が決めていることに変わりはなく、変な惑星たちがどのようにできるかという問題の裏がえしである。この意味において、惑星の軌道進化の研究は、今後も重要なテーマといえるだろう。

—参考文献—

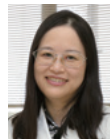
井田 茂 (2011) スーパーアース—地球外生命はいるのか、株式会社 PHP 研究所。

Ochiai, H. *et al.* (2014) *Astrophys. J.*, **790**, 92 (10pp).

Nagasawa, M. *et al.* (2008) *Astrophys. J.*, **678**, 498-508.

### ■一般向けの関連書籍

井田 茂 (2017) 系外惑星と太陽系, 岩波書店。



### 著者紹介 長澤 真樹子 Makiko Nagasawa

久留米大学 医学部 准教授

専門分野：惑星形成理論, 天体力学。散逸系での天体の軌道共鳴を中心に、系外惑星、太陽系小天体などの軌道進化や惑星形成の研究を数値的、解析的に行っている。

略歴：東京工業大学博士後期課程修了, 博士(理学)。NASA Ames 研究所研究員, 東京工業大学准教授などを経て現職。日本惑星科学会最優秀研究者賞, 文部科学大臣表彰若手科学者賞, 地球惑星科学振興西田賞。

## TOPICS 地震学

# 新学術領域研究「スロー地震学」 — 地震現象の統一的理解をめざして

東京大学 地震研究所 小原 一成

20世紀末に日本から始まったスロー地震研究は、今や世界的にも注目される研究分野へと発展し続けている。ちょうど10年前にJGLでスロー地震に関するトピックス(小原, 2007)が紹介されてからも、日本や世界各地で次々とスロー地震が検出され、新たな知見が得られてきたが、その発生メカニズムはまだ十分には解明されていない。2016年にスタートした新学術領域研究「スロー地震学」では、スロー地震の活動様式だけでなく発生環境や発生原理の解明を通して、低速変形から高速破壊まで地震現象の統一的理解を目指している。本稿では、この10年間における主な成果と新学術領域研究「スロー地震学」の概要について紹介する。

200年間隔で発生するが、スロー地震の震源はその巨大地震震源域の浅部および深部側に分布し、時定数の違いによって次の4つに大別される(図1)。つまり、①すべりが数か月から数年継続する長期的スロースリップイベント(SSE)、②すべりが数日程度継続する短期的SSE、③卓越周期が数十秒の超低周波地震(VLF)、④卓越周期が0.1~1秒の低周波微動、である。巨大地震震源域の深部側には、いくつかのセグメントに分かれた深部ETS(Episodic Tremor and Slip)域があ

## 南 海トラフにおける新発見

スロー地震とは、同規模の通常

の地震に比べゆっくりと断層がすべる地震の総称である。西南日本では、フィリピン海プレート沈み込みに伴って巨大地震が100~

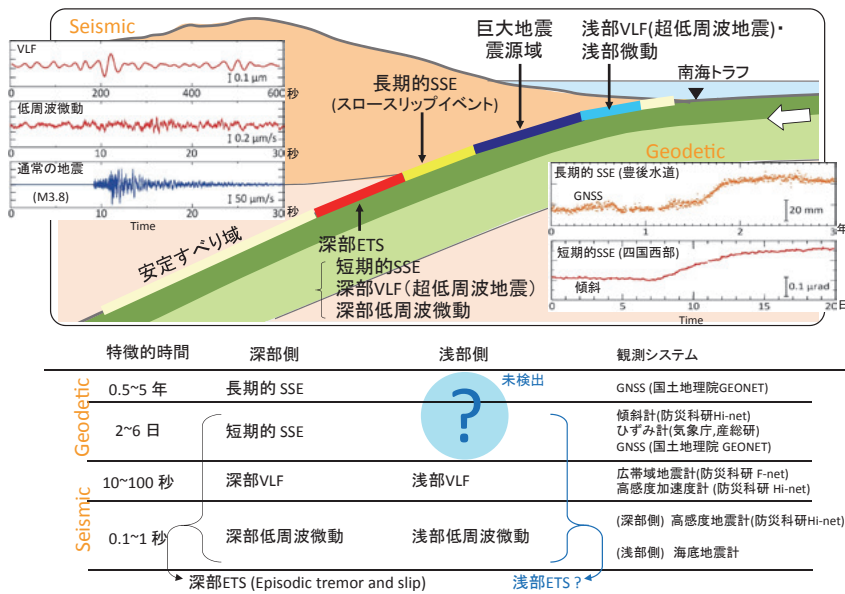


図1 南海トラフで発生するスロー地震の分類。巨大地震震源域の浅部および深部、さらに特徴的時間の違いで分類され、それぞれ異なる観測システムで検出される。また、地震学的 (seismic) 時間スケールのスロー地震と測地学的 (geodetic) 時間スケールのスロー地震の代表的観測記録例も併せて示す。

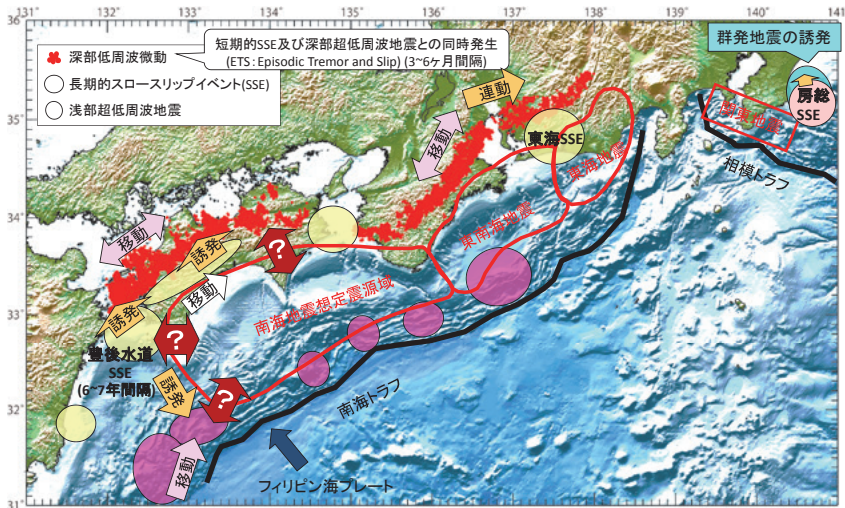


図2 南海トラフにおける様々なスロー地震の分布と相互作用。南海トラフ域では巨大地震震源域を取り囲むように様々なスロー地震が発生し、またスロー地震間には特に長期的SSEを中心とした相互作用が見られていることから、長期的SSEは巨大地震震源域に対しても同様の影響を及ぼしていると考えられる。

り、短期的SSE、VLF、低周波微動が3~6か月間隔で同時に発生する。またETS域と巨大地震震源域の間では長期的SSEが数年間隔で発生する。一方、南海トラフ付近では、陸域の広帯域地震観測網によって浅部VLFが観測されていたが、海底地震観測によって浅部VLFに伴う低周波微動が2015年に発見された。この浅部微動には、1日数十kmおよびその約10倍の速度で逆向きに進行する2つの移動モードが存在し、深部ETSの活動様式と類似していることから、トラフ付近でも浅部VLF・低周波微動と同時にSSEが起きていることが期待される。そのため、浅部SSEによる地殻変動を海域で直接計測することが、「スロー地震学」の研究目標の

一つでもある。

### 長期的SSEと周囲との相互作用

この10年の間、西南日本ですでに知られているスロー地震についても新たな知見が得られてきた (Obara and Kato, 2016)。その特徴は普遍性と相関性という2つのキーワードで表される。以前は東海地域と豊後水道の2箇所では長期的SSEが知られていたが、その後、紀伊水道や四国中部でも検出され、巨大地震震源域とETS域の間における普遍的な現象であることがわかってきた。また、豊後水道の長期的SSEは、その深部側の微動との間に明瞭な相互作用が存在する (図2)。

2003年と2010年に発生した長期的SSEの継続期間中、そのすべり域に隣接した領域で微動が断続的に発生したが、さらに深部の微動活動は長期的SSEの有無に関わらず定常的であった。このことは、長期的SSEによる微動活動への影響範囲が限定されていることを示している。

一方、南海トラフ近傍の浅部スロー地震 (VLF・低周波微動) は日向灘域では活発であるが、その東側の足摺岬沖では稀である。しかし、その稀な発生が、2003年と2010年の豊後水道の長期的SSEと一致していた。長期的SSEの推定断層面と浅部スロー地震活動域は100km以上離れているが、これらの現象の相関性は両者間の相互作用の存在を示すものである。長期的SSEと深部低周波微動との相互作用は距離に依存していたことを考慮すると、陸域の観測網では検出されない程度のすべりが南海トラフ近傍まで及んだことで浅部スロー地震を誘発したと解釈される。このSSEの延伸域を含めると複数種類のスロー地震がプレート沈み込み方向に配列することになり、これらが1946年南海地震の破壊域の西縁部にちょうど位置するため、高速破壊のバリアとしてふるまった可能性がある。

## 巨大地震との関連性

西南日本ではスロー地震が巨大地震震源域を取り囲んでおり、当初より両者の関連性が示唆されてきた。一方、東北地方太平洋沖ではスロー地震は知られていなかったが、2011年の東北沖地震発生前にその震源域でスロー地震が起きていたことが、海底地殻変動観測や陸域の地震観測データ解析などから明らかになってきた。とくに、本震発生1か月前および2日前に活発化した前震活動に伴って、スロー地震のすべりフロントが本震破壊開始点に向かって移動したことは、本震破壊に至る応力集中をもたらした可能性を示す。

一方、スロー地震は遠地地震の表面波伝播や地球潮汐などのわずかな応力変化によって誘発されるという感受性を有する。そのため、巨大地震震源域における応力集中の程度によって周囲のスロー地震活動に変化が生じる可能性があり、この10年間に観測やシミュレーション研究から、そのような報告がなされている。したがって、スロー地震の継続的なモニタリングは巨大地震発生予測の面でも重要である。

## 世界のスロー地震活動の多様性

この10年間に環太平洋の各地域でスロー地震が次々と検出され、その普遍性と多様性

がさらに明らかになってきた(図3)。北米大陸西海岸のカスケーディア地方では2003年に世界で初めて深部 ETS が発見されたが、深部 VLF は2015年に検出された。また、メキシコでは世界最大級の長期的 SSE が知られていたが、微動や VLF は2008年、2016年にそれぞれ検出された。またアラスカやニュージーランドでも、長期的 SSE の深部側に微動が検出されている。このように、深部スロー地震についてはその構成要素が各地域で共通であることがわかってきたが、それぞれの活動様式は詳しくみると多様である。メキシコの微動活動は、最深部のスイートスポットと呼ばれる定常的活動と浅部側の低頻度な活動とに分かれ、浅部側の活動は長期的 SSE 期間中のみ発生することから、豊後水道と良く似た相互作用を示す。ただし、スイートスポットの活動も長期的 SSE の活動期間中に活発化する点は、豊後水道とはやや異なる。

ニュージーランドでは、北島南部の深さ 50 km 前後のプレート境界で発生する長期的 SSE だけでなく、北島東方ヒクラング沖の深さ 10 km 付近に短期的 SSE が約 2 年間隔で発生する。この短期的 SSE は微動ではなく通常の地震の群発的活動を伴う。このような SSE と群発地震との連動現象は房総沖でも見られる。微動ではなく群発地震が SSE と連動する原因についてはまだ明らかではないが、おそらく温度環境などの違いが微動と群発地震を分ける要因であると考えられる。

ところで、西南日本とカスケーディアでは ETS の活動様式が良く似ており、またいずれも ETS 域と巨大地震震源域はわずかに離れている。一方、西南日本ではそのギャップの部分で長期的 SSE が発生するが、カスケーディアでは起きていない。これは、発生間隔と観測期間との関係でたまたま検出されていないのか、あるいは本質的に長期的 SSE が発生しないのか、まだ謎である。これらの解明は、スロー地震そのものの理解の深化にとどまらず、巨大地震との関連性についても重要な知見を与えるであろう。

## 新 学術領域でめざすところ

近年スロー地震が次々に検出されていく中で、2011年に東北沖地震が発生した。この地域で M9 もの超巨大地震を予見できなかったことを、「地震学の敗北」と糾弾する声もあった。形容はともかく現時点で、地震発生の物理プロセスが十分に理解できていないことは認めざるを得ない。その重要な一要素がスロー地震である。ダイナミックな破壊すべりが起きるすぐそばでスロー地震が頻発し、絶えず地震発生場を変え続けている。普通の地震、つまり高速のすべりを準備

しているのは様々な低速の変形である。一要素どころか主役かもしれない。また、スロー地震の発見当初は特異な現象であると思われていたが、その後、多様なスロー地震現象が検出され、現象の規模や時間スケールの幅広さを考慮すると、逆に通常の地震が特殊なケースなのかもしれない。これらの新たな視点を加え、低速変形と高速すべりの統合的な理解から地震研究の再構築を目指すことが、本領域の目的である。

スロー地震研究の歴史は 20 年弱と浅く、基本的な発生様式もわからないことが多い。また発生場所は地下深部であり、そこに存在する物質や物理条件も不明である。さらにその支配物理法則は、普通の地震とは明らかに異なり、定性的にもわからないことが多い。そのようなスロー地震の謎を解き明かすためには旧来の地震学だけでなく、地球物理学(地震学、測地学)、地質学、非線形物理学等のアプローチを必要とする。そこで、新学術領域研究「スロー地震学」(<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/sloweq/>)では基本的な研究戦略として、スロー地震の発生様式、発生環境、発生原理の解明に向け、それぞれ 2 つの異なるアプローチから合計 6 つの課題に取り組む。発生様式については、地震観測や測地観測を機動的かつ稠密に実施しスロー地震活動の時空間発展を高精度に把握する。発生環境については、地球物理学のおよび地質学的アプローチからプレート境界の物理的性質や流体分布、および室内実験による摩擦・水理特性を解明する。発生原理については、地球科学的及び物理学のアプローチから諸現象の数理モデル化や予測可能性の評価等を行う。

スロー地震研究の歴史は 20 年弱と浅く、基本的な発生様式もわからないことが多い。また発生場所は地下深部であり、そこに存在する物質や物理条件も不明である。さらにその支配物理法則は、普通の地震とは明らかに異なり、定性的にもわからないことが多い。そのようなスロー地震の謎を解き明かすためには旧来の地震学だけでなく、地球物理学(地震学、測地学)、地質学、非線形物理学等のアプローチを必要とする。そこで、新学術領域研究「スロー地震学」(<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/sloweq/>)では基本的な研究戦略として、スロー地震の発生様式、発生環境、発生原理の解明に向け、それぞれ 2 つの異なるアプローチから合計 6 つの課題に取り組む。発生様式については、地震観測や測地観測を機動的かつ稠密に実施しスロー地震活動の時空間発展を高精度に把握する。発生環境については、地球物理学のおよび地質学的アプローチからプレート境界の物理的性質や流体分布、および室内実験による摩擦・水理特性を解明する。発生原理については、地球科学的及び物理学のアプローチから諸現象の数理モデル化や予測可能性の評価等を行う。

## 国 際的リーダーとして

スロー地震学は日本から始まった研究分野である。日本は基盤的観測網に



### 著者紹介 小原 一成 Kazushige Obara

東京大学地震研究所 教授・所長

専門分野：地震波モニタリング、スロー地震学。地震波解析から異常振動を検出し、その原因となる地球内部不均質構造や地震現象の解明を行っている。特に、低周波微動や超低周波地震などのスロー地震について、検出手法や活動様式に関する研究を進めている。

略歴：東北大学大学院理学研究科地球物理学博士課程前期修了。理学博士。防災科学技術研究所(当時総理府科学技術庁国立防災科学技術センター)入所後、地震研究部副部長(兼地震観測データセンター長)を経て現職。

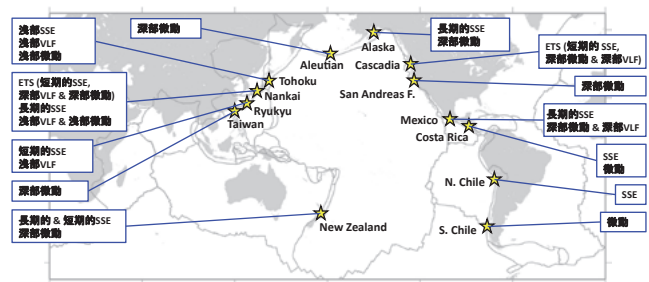


図3 環太平洋の各地域におけるスロー地震活動の多様性。太平洋を取り囲む各地域で発生するスロー地震の組み合わせはそれぞれの地域で異なっており、それぞれの洗込み様式を反映していると考えられる。

基づきスロー地震に関する多くの知見を得て、世界のスロー地震研究をリードしてきたが、米国などでは大規模な機動的観測を展開し、優れた研究成果を次々と創出している。本領域研究では、日本の本研究分野における国際的リーダーとしての位置づけをさらに強化するため、世界的な研究交流を推進するプログラムを用意している。その一つが「押しかけワークショップ」であり、スロー地震の存在が期待される諸外国に出かけ、現地の研究者との交流を深めながらスロー地震研究の推進を支援するというものである。また、スロー地震の国際比較研究を進めやすくするため、カタログの国際標準化にも取り組んでいる。その一環として現在、各種スロー地震カタログ収集と公開準備を進めている。

スロー地震の解明は、通常の地震現象を含めた理解の深化という基礎研究の発展にとどまらず、スロー地震活動域に隣接した巨大地震の発生予測に貢献する可能性を含んでいる。そのような社会還元を意識しつつ、新学術領域研究としての成果を創出していきたい。

### —参考文献—

小原一成 (2007) *JGL*, 3 (3), 4-6.

Obara and Kato (2016) *Science*, 353, 253-257.

### ■一般向けの関連書籍

川崎一朗 (2006) *スロー地震とは何か*, 日本放送出版協会。

## 第24期日本学術会議始動

日本学術会議は2017年10月1日より第24期としての活動(3年間)を開始しました。10月2日に開催された総会において、山極壽一(統合生物学委員会)を新会長に、10月3日に開催された第3部会において、大野英男(総合工学委員会)を第3部(理学・工学系)部長に選出しました。地球惑星科学委員会は10月4日開催の第1回委員会において、委員長として藤井良一、副委員長に田近英一、幹事に木村学及び春山成子の各会員を選出しました。現時点で、地球惑星科学を主な専門分野とする会員は6名、連携会員は約70名です(ただし、会員・連携会員とも、今後増加する可能性があります)。

今期の地球惑星科学委員会は、地球惑星科学の各研究領域を所掌する学協会とそれらを取りまとめる日本地球惑星科学連合や大学等の教育研究機関と全国地球惑星科学系専攻長・学科長懇談会との連携を今まで以上に強め、その要望に応えるとともに、発展に貢献する様々な提言等を社会に発信して参ります。具体的には、6年を経過した夢ロードマップの改定や3年後に改訂される大型施設・大型研究計画マスタープラン策定等を基に、地球惑星科学分野の発展に必要な将来計画策定の支援に取り組みます。また、第23期の報告や長年にわたって専攻長・学科長懇談会で行ってきたアンケート等を活用し、今後の初等中等及び高等教育及び人材育成の施策検討に取り組みます。さらに、第23期で議論を行った「放射性物質の移動の計測と予測」や「軍事的安全保障研究」に関わる課題等々についてフォローアップを行う予定です。第24期地球惑星科学委員会は、日本地球惑星科学連合と連携して、これらの課題に取り組んで参ります。皆様のご協力ご支援をよろしくお願いいたします。



日本学術会議 地球惑星科学委員会 委員長  
藤井 良一

(大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 機構長)

専門分野：太陽地球系科学(磁気圏電離圏物理学)  
略歴：東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻修士課程修了。国立極地研究所助手、名古屋大学太陽地球環境研究所助教授、教授。元太陽地球環境研究所所長。元名古屋大学理事・副総長。元地球電磁気・地球惑星圏学会会長。元日本地球惑星科学連合代議員。第23期・24期日本学術会議会員。

このたび、日本学術会議地球惑星科学委員会委員長を務めさせていただくことになりました。地球惑星科学分野の発展、人材育成、社会への貢献等、学術振興と提案表出という学術会議の役割を果たすために、微力ではありますが全力を尽くさせていただきますので、よろしくお願いいたします。

近年、研究・教育を推進する安定的な財源が漸減し続け、これと期を一にして研究資源の集中化や研究の短期プロジェクト化の傾向が強くなっています。長期の観測・研究を必要とする場合が多い地球惑星

科学分野の大学や研究機関等では、教員や研究者の削減や資金減少などにより、その教育研究基盤が深刻な影響を受けつつあります。これとも関連し、人材育成や大学院学生増加施策やキャリアパス拡大、等々喫緊の課題が多くあるのが現状です。研究基盤整備で他分野との競合にならざるを得ないこの現状において、地球惑星科学の発展のためには、22・23期で学協会にご尽力いただいた大型研究計画のマスタープラン作成にもみられたように、各研究分野における十分に議論・検討された将来計画・ロードマップが必須になっています。さらに、学術の発展への努力はもちろんのこと、人々の持続的な安全・安心に最も関連する学問である地球惑星科学の重要性を社会に広く発信し、社会の期待に応えることが今まで以上に求められています。

地球惑星科学委員会は、上記の様々な課題に対し、日本地球惑星科学連合や学協会と今まで以上に強く連携して支援し、学術会議の役割を果たせるよう全力を尽くしてまいります。皆様方のご協力宜しくよろしくお願いいたします。



日本学術会議 地球惑星科学委員会 副委員長  
田近 英一

(東京大学大学院理学系研究科教授)

専門分野：地球惑星システム科学、アストロバイオロジー  
略歴：東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。東京大学大学院理学系研究科助手、助教授・准教授を経て、2010年より同大学院新領域創成科学研究科教授、2016年より現職。元文部科学省研究振興局学術調査官、元日本惑星科学会会長、日本地球惑星科学連合副会長。第24期日本学術会議会員。

このたび、第24期日本学術会議会員ならびに地球惑星科学委員会副委員長を務めさせていただくことになりました。どうぞよろしくお願いいたします。

私は、2000年頃の地球惑星科学合同大会運営機構設立時から日本地球惑星科学連合となった現在まで、その運営に深く関わって参りました。とりわけ、わが国の地球惑星科学分野の発展には、細分化していたコミュニティの結集による対外的な発言力の強化と、コミュニティ内外の相互作用を通じた地球惑星科学分野の新しい発展と推進が必要不

可欠であると考え、広報普及活動の担当責任者としてコミュニティ内の風通しを良くする努力や対外的な情報発信及び広報普及に努めて参りました。

私たちはいま、学術全体に関わる多くの課題をかかえています。大学運営費交付金及び定員削減による研究教育基盤の著しい低下、選択と集中及び出口指向の科学技術政策、若手研究者のきわめて不安定な雇用問題、研究不正及び研究倫理問題、学術誌の価格高騰化問題、軍事的安全保障研究問題など、枚挙にいとまがありません。学術の発展には、研究教育を通じた人材育成がきわめて重要であることはいまでもありませんが、地球惑星科学分野を取り巻く状況は激しさを一層増しています。

わが国の危機的財政状況や少子高齢化に伴って今後予測される急激な社会変化のなかで、地球惑星科学の発展のために何ができるか、皆さまとともに考え、行動して参りたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。





## 日本学術会議 地球惑星科学委員会 幹事 木村 学

(東京海洋大学海洋資源環境学部特任教授)

専門分野：地質学，テクトニクス  
略歴：北海道大学大学院理学研究科地質学鉱物学専攻博士課程修了，香川大学講師，助教授，大阪府立大学教授，東京大学大学院理学系研究科教授を経て，2016年より東京海洋大学特任教授。元日本地質学会会長，元日本地球惑星科学連合議長，会長，第20・21・22期日本学術会議連携会員，第23・24期日本学術会議会員。

日本地球惑星科学連合の発足，日本学術会議再編に伴う地球惑星科学委員会の発足によって，地球惑星科学分野のコミュニティが大きく変化を遂げてから十年の歳月が流れました。

この間の内外の変化は目まぐるしいものがあります。欧米が先進を走り続けてきたこの分野で日本の貢献も大きな位置を占め，連合大会は世界に伍するまでに成長しています。しかし，近年，中国をはじめア



## 日本学術会議 地球惑星科学委員会 幹事 春山 成子

(三重大学大学院生物資源学研究所教授)

専門分野：地球人間圏科学，応用地形学  
略歴：東京大学大学院農学系研究科博士課程修了。早稲田大学理工学研究所客員研究員，早稲田大学助教授，東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授を経て現職。日本地球惑星科学連合地球人間圏科学セクションプレジデント，第21・22・23期日本学術会議連携会員，第24期日本学術会議会員。

長く東南アジア地域とお付き合いしてきたので，アジア各地における土地被覆変化の顕在化がどの地域にも見られること，ローカルでもグローバルにみても地球環境問題への積極的な問題解決が必要となってきたことを痛感している。とくに，アジア諸地域が一様に抱えているプライメートシティーへの人口集中とこれにともなう都市問題の多



## 高橋 桂子

(独立行政法人海洋研究開発機構 地球情報基盤センター長)

専門分野：計算科学，環境工学，情報工学  
略歴：東京工業大学総合理工学研究所システム科学専攻博士後期課程修了，工学博士。花王株式会社文理学研究所，ケンブリッジ大学コンピュータ研究所客員研究員，東京工業大学準客員研究員を経て，NASDA (現 JAXA) 招聘研究員。2002年より独立行政法人海洋研究開発機構に所属，現在，国立研究開発法人海洋研究開発機構地球情報基盤センター長。第20・21・22期日本学術会議連携会員，第23・24期日本学術会議会員。

地球惑星科学は，学術のみならず地球環境問題や防災・減災など社会とのかかわりにおいても重要な役割を担う分野であり，国際的な観点や他の学術分野との連携もさらなる展開が期待されている分野であると思います。昨今の情報通信技術 (ICT) の爆発的な発展は，地球惑星科学においても新しい学問の芽生えや新しい科学技術の展開につながっております。地球惑星科学から生まれる成果や情報はますます多種多様化し，それらを利用する関係他分野も拡大していることから，本分野に対する期待や役割はさらに重要性を増していくと思います。そのような成果や情報を学術界のみならず社会や国民に対してどのように発信し共有するかというテーマは，重要な課題であると考えます。

本第24期は，この重要なテーマについて，第23期 (前期) における検討を基盤に，諸先生方，皆様とともにさらに理解と議論をさらに深め，具体的なアクションプランに結びつけることができるよう力を尽くしたいと考えております。今期もどうぞよろしくお願いたします。

ジア域での発展がめざましく，今世紀中盤にかけて，世界から見ても，アジア域はこの科学分野で最も活発な地域になると予想されます。

一方，内を見ると，日本社会は，超少子高齢化社会に突入しました。2018年からは若年・壮年層はさらに減少します。このことを見通し，少なくとも3世代，100年の計での未来設計を実行しなければなりません。もう始まっています。

人類社会の安定的・持続的発展のためには，学術・科学・技術の発展は土台です。その中であって，地球とそれを取り巻く太陽惑星系をその研究対象としているこの分野の発展は掛け値無しに中核にあります。他分野と大胆に交流・融合しながら発展を進めましょう。

またそのための人材育成・教育，広く社会の理解を広げるためのアウトリーチ活動も一層進める必要があります。

そのために尽力する所存ですので共に頑張りましょう。

様化と都市水害，一方，過度な開発による河川流域における自然環境の劣化，この流域環境の変化と巨大水害，さらには一地域における自然災害ではなく災害が世界へ問題を波及させていくプロセス，さらにはこれによる社会組織の崩壊までをきたすこともあることなどを理解することは必要なことである。文理にまたがる地球人間圏科学で抱えている研究課題は広く存在している。地球規模での環境問題・水問題などに向き合うこと，科学とこれを取り巻く様々なステークホルダーとの関係を視野に入れた課題への取り組みなどが求められていること，また，地球惑星科学分野が幅広い研究課題を持っていることも考え，異分野との融合を図り，この分野で活躍する若手研究者の支援を考え，国際的活動を進めることなどに，微力ながら尽力したい。



## 中村 尚

(東京大学先端科学技術研究センター教授)

専門分野：気候力学，大気海洋相互作用  
略歴：ワシントン大学大気科学科博士課程修了。同大学・プリンストン大学客員研究員，東京大学大学院理学系研究科助手・助 (准) 教授・教授を経て，2011年より現職。日本気象学会理事。JpGU サイエンスボードメンバー。第22期日本学術会議連携会員，第23・24期日本学術会議会員。

第23期に引き続き，もう1期会員を務めます。第22期連携会員としての期間も含め，地球惑星科学の幅広さと多様性を再確認させられました。各分野とも自然科学として優れた魅力を持ち，かつ社会との繋がりも強い分野が多く，認識科学のみならず予測の科学としての設計科学的な特色もあります。また，各分野がそれぞれ緊密な国際連携の下で発展してきました。これらの魅力や特色を一層向上させるには，最新の観測技術や計算・情報科学の急速な進歩も採り入れ，地球惑星科学の各分野間のみならず，関連する他の理工系分野への連携体制の拡充が求められます。この点は，大型研究マスタープランへ向けた取り組みにおいて特に重要です。私は地球惑星科学委員会に加え，環境学委員会の委員としても，異分野間の連携や関連する国際プロジェクト・国際学会との連携を図ってゆきたいと思っております。そうした上でも，JpGUが進める国際化との緊密な協力関係が不可欠です。さらに，地球惑星科学分野の持続的発展のため，若手の人材育成や教育の問題に取り組む上でもJpGUとの連携が欠かせません。どうかよろしくお願いたします。

## INSTRUMENTATION FOR GEOSCIENCE APPLICATIONS



### MS2/MS3 帯磁率計

- PCと接続してデータの収録ができます。
- プローブとの組み合わせで使用。
- 1cc/10cc サンプル用、コアロギング、表面スキャン用など様々なプローブ。
- PDAとともに使用できます。

### Mag-13 磁気センサ

- 測定範囲: 最大±1000μT。
- ノイズフロア: 最小<4pTrms(@1Hz)。
- 水深5000mまでの環境で使用できる型、アンパッケージドのタイプもあります。
- 地磁気のモニタリング、電磁法探査などに使用できます。

その他、グラジオメーターやヘルムホルツコイルなどを取り扱っております。



**Bartington**  
Instruments

**ロックゲート株式会社**

www.rockgateco.com

e-mail: info@rockgateco.com

TEL: 03-5615-2311

## 連携会員の紹介

この名簿は、2017年10月2日現在、地球惑星科学を専門分野（二つまで選択可）の一つとして登録した連携会員の一覧です。これらの方々のご意向や、他分野からの参加希望を踏まえて、第24期の地球惑星科学委員会が構成される予定です。紙面の都合により、氏名、現職のみをご紹介します。

- 相川 祐理  
東京大学大学院理学系研究科教授
- 東久美子  
情報・システム研究機構国立極地研究所教授
- 石渡 明  
原子力規制委員会委員
- 伊藤 香織  
東京理科大学理工学部教授
- 伊藤 悟  
金沢大学人間社会研究域教授
- 植松 光夫  
東京大学大気海洋研究所教授
- 碓井 照子  
奈良大学名誉教授
- 江守 正多  
国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター気候変動リスク評価研究室長
- 大久保 修平  
東京大学地震研究所教授・高エネルギー素粒子地球物理学研究センター長
- 大久保 泰邦  
宇宙システム開発利用推進機構技術参与
- 大路 樹生  
名古屋大学博物館教授
- 大谷 栄治  
東北大学大学院理学研究科教授
- 沖 大幹  
東京大学生産技術研究所教授
- 沖野 郷子  
東京大学大気海洋研究所教授
- 小口 高  
東京大学・空間情報科学研究センター長・教授
- 奥村 晃史  
広島大学大学院文学研究科教授
- 蒲生 俊敬  
東京大学大気海洋研究所特任研究員
- 川口 慎介  
国立研究開発法人海洋研究開発機構研究員
- 川幡 穂高  
東京大学大気海洋研究所教授
- 北里 洋  
国立大学法人東京海洋大学特任教授
- 久家 慶子  
京都大学大学院理学研究科准教授
- 久保 純子  
早稲田大学教育・総合科学学術院教授
- 小嶋 智  
岐阜大学工学部教授
- 近藤 昭彦  
千葉大学環境リモートセンシング研究センター教授
- 三枝 信子  
国立研究開発法人国立環境研究所地球環境研究センター副研究センター長
- 齋藤 文紀  
島根大学エスチュアリー研究センターセンター長・教授
- 佐々木 晶  
大阪大学大学院理学研究科教授
- 佐竹 健治  
東京大学地震研究所地震火山情報センター教授
- 佐藤 薫  
東京大学大学院理学系研究科教授
- 篠田 雅人  
名古屋大学環境学研究所教授
- 杉田 文  
千葉商科大学商経学部教授
- 鈴木 康弘  
名古屋大学防災連携研究センター教授・総長補佐
- 関 華奈子  
東京大学大学院理学系研究科教授

- 高数 縁  
東京大学大気海洋研究所教授
- 谷口 真人  
人間文化研究機構総合地球環境学研究所副所長・教授
- 佃 栄吉  
国立研究開発法人産業技術総合研究所特別顧問
- 津田 敏隆  
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構理事
- 中島 映至  
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構第一宇宙技術部門地球観測研究センターセンター長
- 中田 節也  
東京大学地震研究所教授
- 永原 裕子  
東京大学大学院理学系研究科教授
- 中村 卓司  
情報・システム研究機構国立極地研究所副所長、教授
- 中村 正人  
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所教授
- 新野 宏  
東京大学大気海洋研究所教授
- 西 弘嗣  
東北大学学術資源研究公開センター長
- 西田 治文  
中央大学理工学部教授
- 西山 忠男  
熊本大学先端科学研究部理学系教授
- 花輪 公雄  
東北大学理事
- 林 正彦  
国立天文台台長
- 原田 尚美  
国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター研究開発センター長代理
- 氷見山 幸夫  
北海道教育大学名誉教授
- 平田 直  
東京大学地震研究所教授、地震予知センター長
- 福田 洋一  
京都大学大学院理学研究科教授
- 古屋 正人  
北海道大学大学院理学研究院教授
- 堀 利栄  
愛媛大学大学院理工学研究科教授
- 益田 晴恵  
大阪市立大学大学院理学研究科教授
- 村山 泰啓  
国立研究開発法人情報通信研究機構ソーシャルインノベーションユニット戦略的プログラムオフィス研究統括
- 村山 祐司  
筑波大学生命環境系教授
- 森田 喬  
法政大学名誉教授
- 八木 合聡  
金沢大学理工学研究域教授
- 安成 哲三  
総合地球環境学研究所所長
- 矢野 桂司  
立命館大学文学部教授
- 数田 ひかる  
広島大学大学院理学研究科准教授
- 山岡 耕春  
名古屋大学大学院環境学研究所教授
- 山形 俊男  
国立研究開発法人海洋研究開発機構アプリケーションラボ特任上席研究員、東京大学名誉教授
- 山川 充夫  
帝京大学経済学部地域経済学科長・教授
- 山岸 明彦  
東京薬科大学生命科学部教授
- 山田 育徳  
中央大学理工学部人間総合理工学教授
- 渡部 潤一  
大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台教授
- 渡邊 誠一郎  
名古屋大学大学院環境学研究所教授

## 日本学術会議の動向

日本学術会議 23 期地球惑星科学委員会 委員長 大久保 修平 (東京大学)

### 第 23 期地球惑星科学委員会の活動総括

第 23 期開始当初に JGL10 巻 4 号で掲げた 3 つの課題、すなわち、(1) 大型研究計画 (マスタープラン 2017) への対応、(2) 第 22 期提言のフォローアップ、(3) 人材育成について、簡単に総括する。まず (1) のマスタープランについては、日常的な大型研究策定プロセスを構築した。そこでは、毎年 1 回、公開ヒアリングし、評価結果をフィードバックするとともに、JpGU ユニオンセッションも活用して、会員・連携会員のみならず一般研究者の声も取り入れるシステムが軌道にのった。第 24 期においても同様のプロセスが継続されることが望まれる。とくに 2019 年春に申請締め切りが予想される、マスタープラン

2020 では、その成果が上がることを期待している。次に (2) の第 22 期提言のフォローアップであるが、提言 2「放射性物質の移動の予測と予測の充実」について、学術フォーラム (2017 年 8 月 7 日開催) で理学・工学・メディア・自治体など多方面から議論する場を設けた。このフォーラムのまとめは「学術の動向」誌に掲載される予定であり、引き続き第 24 期でもフォローアップを期待している。最後に (3) の人材育成であるが、第 23 期では新たに人材育成分科会を設置し、対応に当たった。JpGU の教育問題検討委員会とも連携し、記録「地理地学教育用語」をまとめることができた。また、毎年 1 回、地球惑星系学科長・専攻長との定例懇談・アンケート収集を継続した。そこでは電子ジャーナル購読費高騰問題がとりあげられ、地球惑星科学委員会とし

て独自にアンケートで状況を把握した。そのエビデンスにもとづき、学術会議総会で問題提起し、学術フォーラム「危機に瀕する学術情報」を開催し、危機感を全学術領域で共有した。バックファイル (概ね 2000 年までの論文) の国家的整備も視野に入りつつある。以上のことから、一定程度の具体的成果を得ることができたと考えている。

一方、残された課題としては、(1) 国家的危機 (南海トラフ地震、首都直下地震等) の際の対応・情報発信の在り方や、(2) PD キャリアパス、(3) 大学学科の弱体化 (統合、コース化、運営費削減・人事凍結) への対応、(4) 中等教育の地学履修者の一層の底上げ (「理科基礎」の実現等) などがある。今後も、JpGU との連携をさらに強めて、これらの課題解決に向けて活動することが望まれる。

## ORCID コミュニティの拡がり

アジア・太平洋地区ディレクター 宮入 暢子 (ORCID, Inc.)

生涯にわたって使い続けることのできる ORCID は、国際的なデジタル研究者識別子として、世界中で 390 万人<sup>1</sup> 以上に利用されています。その運営母体である ORCID, Inc. は、国際的・学際的な非営利団体として、40 개국から参加する 700 以上のメンバー機関<sup>2</sup> によって支えられています。500 あまりのシステムが ORCID と連携し、出版社、研究機関、助成金団体などにより運用されています。

ORCID と連携するシステムは、研究者の許諾を得てその ORCID レコードにアクセスし、データの同期や自動更新が可能となります。また ORCID に記載されるデータには全て入力元が表示されるため、信頼のおける機関によるデータ更新は、ORCID レコードの信頼性を高めます。より多くのシステムが分担してこれを実現すれば、個人およびメンバー機関のデータ管理が大いに効率化できます。国・地域レベルでの ORCID 導入を目指し、すでに 18 のコンソーシアム<sup>3</sup> が結成されています。

日本の ORCID メンバーは 10 機関を数え、日本地球惑星科学連合 (JpGU) もそのひとつです。JpGU のサイエンス・コミュニケーション・ツールである MyJpGU<sup>4</sup> では、各会員がプロフィールを作成し、自身の ORCID をリンクして、双方のシステムの研究業績を同期することができます。そのほか日本では、物質・材料研究機構の研究

者総覧システム SAMURAI<sup>5</sup> や、科学研究費助成事業データベース KAKEN<sup>6</sup> などに ORCID が導入されています。

現在、日本の有志学協会により、ORCID コンソーシアムに向けた検討<sup>7</sup> が始まっています。日本の学協会が ORCID メンバーとなれば、学会誌や大会での発表実績、役職や委員会活動、受賞歴など、様々な活動実績を会員に代わって ORCID に入力することが可能となります。検討会では、これについてアンケート<sup>8</sup> も実施中です。ぜひ JpGU 会員の皆様もご協力いただければ幸いです。

<sup>1</sup> 2017 年 10 月 1 日現在。最新情報は <https://orcid.org/statistics> を参照のこと。

<sup>2</sup> 2017 年 10 月 1 日現在。ORCID メンバーの一覧は <https://orcid.org/members> を参照のこと。

<sup>3</sup> 2017 年 10 月 1 日現在。ORCID コンソーシアムの一覧は <https://orcid.org/consortia> を参照のこと。

<sup>4</sup> MyJpGU. 日本地球惑星科学連合。 <https://mypage.jpogu.org>

<sup>5</sup> 研究者総覧 SAMURAI. 物質・材料研究機構。 <https://samurai.nims.go.jp/>

<sup>6</sup> 科学研究費助成事業データベース KAKEN. 国立情報学研究所。 <https://nrid.nii.ac.jp/ja/index/>

<sup>7</sup> ORCID 学協会コンソーシアム検討会。 <https://sites.google.com/view/orcid-j-society/>

<sup>8</sup> アンケート: ORCID について。 <https://goo.gl/dKB93z> (2017 年 11 月 30 日まで回答を受付)

## 第11回国際地学オリンピック・フランス大会を終えて

NPO 法人 地学オリンピック日本委員会 理事長 川村 教一 (秋田大学)

2017年8月22日～29日にフランスのコートダジュール地方、ニース近郊のバルボンヌで第11回国際地学オリンピック・フランス大会が開催され、29ヶ国から108人の代表選手が参加しました。日本チームは3月の最終選抜で選ばれた生徒4名とメンター2名、オブザーバー6名の体制で大会に臨みました。

日本チームの成績は金メダル2個、銀メダル2個。メダル数から推定した総合順位は1位が中国(金3、銀1)、同率2位で日本と台湾でした。今年は例年になく平均点が低く、また上位層は僅差でのメダル争いとなりました。

試験には2種の筆記(計5時間)と4種の実技がありました。このうち、筆記試験1の内容は、地質学、水文学、地震学、構造地質学などで、コートダジュール地方の事例が

多く日本の生徒は戸惑ったかもしれません。筆記試験2は気象学、海洋学、惑星科学などでした。実技試験1は岩石学(変成岩の密度測定と温度圧力経路)、実技試験2・3は大気科学(太陽定数測定、大気中の微粒子測定)、実技試験4は地質学(露頭での観察とそれにもとづいた推論)という内容でした。全試験を通して古生物学の出題が全くないというのは異例でした。日本チームは、実技試験では比較的好成績でしたが、筆記試験1のうち、露頭の画像を見て岩石記載を解答する問題や、構造地質あるいはジオダイナミクスの総合問題で若干苦戦したようです。

帰国した8月31日に文部科学省の水落副大臣を表敬訪問し、生徒全員が大臣表彰を受けました。副大臣との懇談では、他国の生徒との交流活動や高校卒業後の進路な

どが話題となりました。

来年はタイ大会です。わが国の生徒が持っている優れた資質・能力を国際大会でいかに発揮できるよう、協賛を含め、あらゆる面での皆様の一層のご協力をよろしくお願い申し上げます。



## 第14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会 副委員長 泉 貴久 (専修大学松戸高等学校)

2017年8月2日～8日にセルビア共和国のベオグラードで開催された今大会は、世界41か国・地域から計160名の高校生が参加した。日本からは、三次にわたる国内予選を勝ち抜いた4名の代表が参加し、記述式、フィールドワーク、マルチメディアの各種試験に挑んだ。その結果、1名が銀メダルを、1名が銅メダルを獲得した。

試験について特筆すべき点として、フィールドワークテストの内容を挙げるができる。ベオグラード南郊丘陵地に位置する緑地公園の地理的特性について野外観察を通じて理解した上で、同地における持続可能でかつ若者向けのツーリズムを人口、交通、環境等に配慮しながら立案させるというものであった。

参加チームごとに成果が競われるポスターセッションでは、「伝統的ツーリズムとアニメ」をテーマにプレゼンテーションを行い、日本は堂々世界第1位に輝いた。地理学的な研究手法にのっとり、調査地域(埼玉県川越市)の特性を踏まえた具体的かつオリジナルな解決策を提案したことが高い評価につながったものとする。

帰国日の10日には、文部科学省を表敬訪問し、新妻秀規大臣政務官と面会した。政務官より1人1人に大臣賞が授与された後、各々が大会参加の感想と地理の面白さ、そして将来の夢について熱く語った。最後に、世界一となったポスターを示し、その内容について説明を行った後、政務官からは示唆に富んだコメントを頂戴した。

次年度の大会は、7月31日～8月6日にカナダ・ケベックで開催予定である。

最後に、国内予選の実施から強化研修に至るまで尽力された実行委員諸氏にこの場を借りて感謝の意を捧げたい。



# 日本の沖積層 – 未来と過去を結ぶ最新の地層 – 改訂版

遠藤 邦彦 著  
富山房インターナショナル  
2017年4月, 475p.  
価格 5,500円 (本体価格)  
ISBN 978-4-86600-027-5



千葉科学大学 危機管理学部 植木 岳雪

沖積層は未来と過去を結ぶ地層で、現在進行形で形成されているだけでなく、地球史の中で直近の気候の寒冷化と温暖化による地形・地層の形成の歴史やプロセスを記録している。そのことから、沖積層の研究は、地域の地形・地層に関する現在の評価と将来の予測に資するものである。しかし、さまざまな要因によって、沖積層の層序、層相、形成時期は地域ごとに異なっている。それが、沖積層の研究が一筋縄ではいかず、難しいところであると同時に、地域ごとに頭をひねって考えなくてはならない、おもしろいところでもある。

本書は2015年3月の「日本の沖積層」の改訂版として、大幅に加筆されて刊行された。最近の地球科学関係の専門書の中で、久しぶりに重厚で読み応えがある書籍である。内容は、著者が長年蓄積した関東平野の沖積層研究の成果をレビューしたものであり、トピックごとにほぼ年代順にまとめられている。関東平野の沖積層は広がりや層厚が大きく、研究が最も進んでいるため、関東平野の沖積層研究を知ることは、日本の沖積層研究の歴史と到達点を概観するのに非常に有用である。


第1部は、概論として増補された部分であ

る。関東平野を例とし、関東平野の特徴、沖積層の「器」(基底地形)、沖積層の層序、化石カキ礁を指標とした海岸線の変遷、最終氷期以降の相対的海水準変動、沖積層の形成過程の順で記述され、最後に沖積層研究の重要性とQ&Aが示されている。関東平野の地形・地質の研究には、東京湾が現在の方向に開いたのはいつかなど、残された課題が多いことが提起されている。また、沖積層の層序は七号地層と有楽町層に二分され、七号地層の基底にある沖積層基底礫層(BG)と、有楽町層の基底にあり、著者がかつて提案した完新統基底礫層(HBG)が強調されている。後の章に述べられるように、HBGは礫層ではなく砂層であることが多いことが、沖積層の層序区分やHBGの起源に関する議論のもとになった。

第II部は初版と同じで、はじめに、関東平野の地形・地質の特徴、沖積層の層序(定義)、沖積層の器(埋没谷)、中川低地・東京低地・東京湾の沖積層と続く。第1部とかなり重複しているが、より具体的に多くの地質断面図や柱状図が示されている。第6章マガキ礁の発達(溺れ谷の時代)では、化石カキ礁を使った地形発達史が復元されており、古生物学ではなく第四紀学を専門とす

る著者の真骨頂であろう。第7章以降は、関東平野中央部におけるLGM以降の海水準変動の復元、東京湾北部～中部の沖積層、中川低地の沖積層、利根川の流路変遷と沖積層、関東平野における沖積層の形成過程、日本の海岸砂丘の形成史と沖積層、沖積層をめぐる課題、完新世の相対的海水準変動と縄文海進、東京の地形をめぐる続き、堆積曲線と相対的海水準変動曲線、ボーリングコアの記載と地質断面図が多数示されているとともに、火山、砂丘、津波に関する堆積物も取り上げられている。最後の沖積層研究の重要性では、「将来予測こそ今求められている」との著者の考えが明示されている。

本書は著者の関東平野の沖積層研究の集大成である。そして、日本大学の故小杉正人氏をはじめとする著者の共同研究者による未公表データが随所にちりばめられている。最後には著者による回想があり、著者とのつきあいのあった者にとっては、著者の人柄がしのばれる。一方、本書には多様すぎる内容が含まれ、重複も多いことから、通読にはかなりの労力が必要で、章立てや記述の順番を整理してほしいかった。また、図は全体的に小さく、細かいところを読み取れないことが多く、残念であった。最近の産総研グループによる一連の研究には、よりページを割いてレビューし、批判してほしいかった。ただし、これらのことで本書の価値が下がるものではない。楽をしておいしいものを食べるよりも、苦勞をしないとおいしさがわからないがごとく、もっと自分で勉強をしないと、著者は暗に読者に諭しているのだと思う。第四紀の諸現象に興味・関心を持っている人には、ぜひ一読を薦める次第である。



## 地球と生きる

～災害と向き合う知恵～

日本中の子どもたちが正しく地球を理解し、災害と向き合う知恵を身につけてもらいたい本です!

### わかりやすい地球の科学

- 私たちの住む「地球」・宇宙の中の「地球」・地球はゆで卵
- 太陽の光・海は不思議がいっぱい・地震はなぜ起きるの?
- 津波はなぜ起きるの?・防災・未来に向けて

**金田義行 著**

● B5判 ● 並製 ● 64頁  
● オールフルカラー  
● 定価: 本体 1,800円 (税別)

富山房インターナショナル

〒101-0051  
東京都千代田区神田神保町1-3  
TEL: 03-3291-2578 FAX: 03-3219-4866  
URL: www.fuzambo-intl.com



## 鳥羽 良明

東北大学名誉教授

専門分野 海洋物理学, 特に大気海洋の相互作用

# 特異な流体现象である風波を含む 海面境界過程の更なる探究の必要性

### 1. はじめに — 来し方瞥見

2017年度日本地球惑星科学連合のフェロー受賞の機会に、研究を振り返って所感を述べたい。1955年に京都大学理学部地球物理学科を卒業して大学院に入り、海洋・陸水物理学の速水頌一郎先生より、風波のある海面からの、砕波や気泡の破裂による海水滴の生成に関する研究課題をいただき、室内実験と気泡形状の理論的研究、京大防災研究所の風洞水槽による実験、さらに同じく白浜海洋観測塔による現場観測を行って研究を進めた。

論文の別刷を送ったら、シカゴ大学のHorace R. Byers教授に招かれて、1963—1966年、その雲物理学研究室で、海水滴の海上大気境界層での挙動から、世界の海面での巨大海塩粒子の生成と地球大気全体への分散の研究を行った。

1971年東北大学に新設された海洋物理学講座を担任し、まだ何も無い研究室で「風波の $3/2$ 乗則」を発見した。その後新しい風洞水槽を作って、学生らと風波そのものの研究を進めた。次節の内容の少し詳しい記述は、参考文献を参照されたい。

### 2. 波と流れと乱れが一体となった強非線形現象としての風波

風が水面を直接吹いて発生・発達する風波は、単純な水の波ではなく、その上の大気境界層の気流と結合して、気泡捕捉を伴う伴わないに関わらず乱流の要素を有し、波動とシア一流と乱流が一体となった特異な流体现象であることが次第に明らかとなった。 $3/2$ 乗則は、後々国際的にToba's lawと称され、風波特有の高周波側のスペクトル形はToba spectrumと呼ばれ、それらに関わる定数はToba's constantとして、専門書の索引に記されている。

風波はもともと強い非線形現象であるから、 $3/2$ 乗則も演繹的に導くことは困難であり、最初は実験・観測データ、および風波の発達の経験公式から帰納的に見出したものである。多少具体的に書けば、重力と風の

摩擦速度で無次元化した風波の波高が、同様に無次元化した波長の $3/2$ 乗に比例する、そしてその比例係数が上記の定数 $B = 0.062$ である。

風波の構造をさらに具体的に見ると、単なる水の波の要素のほかに、風波の上には位相に沿って分布を持つ風の応力がかかっており、風の応力によって波の表面下にシア一流があり、風が非常に弱い時以外は、気泡捕捉を伴っても伴わなくても常に砕波していて、波と乱流とが合体した強非線形現象となっている。そして風波の下には波高の5倍程度（風洞水槽から海外のデータまで）の「下向きバースト境界層（DBBL）」があって、その水側内部および空気側の乱流強度が風の摩擦速度と比例関係にあり、それが風波を波動として見たときのストークス流に比例している。すなわち、波としての風波のストークス流が、小さい風波も大きく発達した風波も、等しくその時の風の摩擦速度の0.12倍程度の同じ値を持つのである。すなわち、風波は常に風の作用のもとで、同じストークス流を持つように、砕波によって自己調節しているという、「風波の砕波調節」の概念を得た。

風波は吹送距離あるいは吹続時間とともに発達して大きくなるが、水面が崩れていない滑面の状態から、波の峯に風のがれが生じ、全体として粗面となり、砕波して気泡捕捉が起きるといふ風波の状況の推移も、砕波を含む海面のレジームを支配する無次元数としての「風波レイノルズ数」に支配され、これは気泡・微水滴生成、白波のパーセントなどのマクロな表現においても有用であることを提唱した。

これらはToba & Kawamura (1996) その他多数の東北大での実験計測データに基づいているが、実は風波が波と乱れの2面性を持っていることを最初に示唆したのはToba (1974)の2頁の論文であり、風波を乱流とみなして、Kolmogoroff & Obukhovの法則に対応させると直ちに $3/2$ 乗則が得られ、しかも上記0.062の定数の値も $B = (2\pi)^{-3/2} =$

0.0635という非常に近い値がその時得られているのである。

私自身は、ここに記したような海面における大気と海との境界過程の現象の本質を追究することを主なテーマとしてきたが、東北大学の研究室においては、若い教官・院生の間で、波浪の他に、エルニーニョと日本の気象との関係、海洋内部の構造の観測研究などを含むより大規模な大気海洋相互作用や、衛星海洋学の分野も大いに開かれて行った。研究室出身者も、東北大、北大から遠く琉球大、カリフォルニア大まで、十数人の教授・准教授たちが活躍し、気象庁、海上保安庁、水産庁ほか、関連する研究開発機構でも多くが活躍してくれていることを喜びとしている。上記風波の $3/2$ 乗則を陽に取り込んだ東北波浪モデルが、気象庁の波浪予測に用いられた時代も十年余あった。

### 3. 海面境界過程のさらなる探究の必要性

海の境界は、陸岸と海底は固体であるが、海面だけは流体である大気と接し、上記のような特異な流体现象によって結ばれている。たとえば上記の $3/2$ 乗則は純粋な現象としてはある程度確立されているが、実際の風の場合は天気図を見ても分かるように、風向きも風速も複雑に変動しているものであるから、たとえば台風などの高風域で発達した風波は、うねりとして風向きや流れの異なる周辺に伝わりて行く。純粋な場で表現される風波の式の単純性、波動の面と乱流の面との、元々は異なる現象の結合による不思議な整合性とはまた離れた、単純には行かない未知なる分野へ研究を進展させること、それが残された課題であろう。若い世代のさらなる探究を希う次第である。

### 参考文献

鳥羽良明：特異な流体现象としての海の風波など—研究と教育に関わる私の回想—：日本流体力学会「ながれ」35 (2016) 501-506.



## 中島 映至

宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター長・宇宙科学研究所特任教授

専門分野 大気科学・気候科学

# 大気放射学とそれに関わる気候研究

この度は、日本地球惑星科学連合フェローに顕彰していただき、ありがとうございました。私の貢献は、大気放射学及び、エアロゾルと雲の気候影響研究への寄与ですが、振り返って見ると、激流もあったけれども川の流れにも似たサイエンスの絶景を楽しませてもらった感じがします。そして、その流れに少しでも貢献できたことを幸せに思います。共に研究を進めてくれた学生さん、研究員、支援スタッフ、そして国内外の共同研究者に感謝します。

私が大学に入った時期は学園紛争の時期で、騒然としたキャンパスの中で、学問は社会とどう関わるべきかと自問する機会を与えられました。折しも公害が社会問題化し始めたことや、レイチェル・カーソン著の「沈黙の春」等に衝撃を受けて、物理学科を卒業後、社会により直接、関わりたい思いで地球物理学の大学院に進みました。東北大学の気象学講座は、戦後、山本義一先生によって拓かれ、大気放射と大気乱流の研究に関するわが国の礎を築かれました。私は、山本先生のあとを継がれた田中正之先生の指導で大気放射学の研究をスタートさせました。研究室では、温室効果気体の光吸収測定や、電磁気学を基礎にした放射伝達の研究が進められていましたので、学部で素粒子論や物性理論を学んだ私にとっては、慣れた道具を使えるメリットがありました。先輩であった高村民雄さん（元千葉大教授）がポーラーネフロメータを開発して、地表付近のエアロゾルの光散乱実験を行っていましたので、そのデータ解析を志願し、エアロゾルの粒径分布と複素屈折率を同時推定する手法を開発しました。1970年代は、大気汚染の気候影響が指摘され始めた時期で、田中先生によって、太陽放射に対するエアロゾルの複素屈折率の虚数部（光吸収の指標）が0.01よりも大きくなると全球気候はエアロゾルによって加熱され、それ以下では冷却されるという理論的研究が発表されました。ところが、ポーラーネフロメータから得られた仙台のエアロゾルの虚数部は年平均値で0.015程度で、欧米の

大気質から推定された当時の常識的な値0.005と比べて大きく、最初の論文は米国気象学会誌からリジェクトされてしまいました。

この話には後日談があって、最近では、我々がその後、開発することになる天空輝度計が世界的に展開されるようになり、アジア域のエアロゾルの複素屈折率の虚数部は、この時、我々が示した大きな値に近いことがわかりました。この天空輝度計の初代は、大学院学生であった塩原匡貴さん（現極地地研准教授）と共に手作りをしたオリオールメータで、それを使って気柱全体のエアロゾルの光学特性を求める研究が1980年代に始まりました。この技術が現在のNASAのAERONETや我が国発のSKYNETに発展するわけです。ところが当時、前方散乱の強いエアロゾルや雲を含む大気の大気天空輝度や人工衛星の受信放射輝度を計算するには非常に計算時間がかかっていました。そこで、高速な放射伝達計算を実現するために、大気海洋結合系の放射伝達に適応できる高速な行列法や、さらに高速で安定な離散空間法の対称行列表現、そして前方散乱を切断した散乱位相関数による多重散乱表現を開発しました。これが現在のStarシリーズと呼ばれる放射伝達コード群の核になります。面白いことに、この前方散乱の切断法は、大量の人工衛星データ処理が可能になった現代になってメリットが認められ、多く引用され始めました。何が幸いするかかわらないです。

1990年代になると、NASAの「ミッション・トゥー・プラネットアース」の掛け声のもとに地球観測衛星計画が次々と立ち上がり、「衛星観測の黄金時代」とも呼ばれる時代が始まりました。この時期には、1990年にIPCCの最初の評価報告書が発行され、地球温暖化に関する議論が広く行われるようになりました。この頃の重要な問題の一つは、気候モデルによる地球温暖化シミュレーションが、観測よりも大きな地表気温を算定してしまう冷源不足の問題でした。そのために考えられたのが、大気汚染が作り出す日傘効果による冷却でした。この時期の我々は、研究を発

展させて、海上でのエアロゾルと全球での雲の光学的厚さ（量の指標）と粒子サイズ指標の導出法を世界に先駆けて開発していたので、早速この問題を調べてみました。まず、エアロゾルのサイズ指標は大気汚染起源の小粒子エアロゾルや黄砂などの粗大粒子の良い指標なので、全球で様々なエアロゾルが混じり合う様子を衛星観測から示すことができました。さらに、エアロゾル数と雲特性の相関を海上で調べてみると、エアロゾル数が多いところで雲粒子が小さくなり、それに反比例して雲の光学的厚さが大きくなっていることが見いだされました。これはショーン・トゥーミー先生によって予見されていた効果ですが、それが全球規模で起こっていることを発見したわけです。さらに、観測結果を気候モデルで分析してみると、雲粒子が小さくなることによって雨が減少し、雲水が増えるために、雲の光学的厚さが増える雲寿命効果も起こっていることもわかりました。結局、問題となっていた冷源としては、エアロゾルが太陽放射を直接、宇宙空間に反射する日傘効果よりも、エアロゾル増加によって雲粒子が増えて雲の反射率が大きくなる間接気候効果の方が大きいことがわかりました。つまり、産業革命以降、低層の水雲は大気汚染によって徐々に明るくなっているのです。

この間、東大気候システム研究センターでMIROC数値気候モデルの開発が始まり、我々の研究室が放射コードMSTRNやエアロゾル・放射モデルSPRINTARSの開発を行ったことも幸運でした。上に示したような衛星からの発見がモデルによっても再現できたのです。

現在では、さらに人工衛星搭載雲レーダやライダーが登場し、高分解能の雲モデルも発達して、エアロゾル増加で逆に雲が減る間接効果も発見されるようになっており、この問題のロマンは尽きることはないようです。このようにして見るとサイエンスの発展は、時代背景と、その中に生きる若者のチャレンジによって生まれることがわかります。若手の皆さんの今後の活躍を期待しています。



## 廣瀬 敬

東京工業大学地球生命研究所所長・教授，東京大学教授

専門分野 高圧地球科学，地球深部物質学

### 研究の落穂拾いをするな

実は最近まで自分は若いと思込んで、前だけ見ていたのだが、数年前に大学勤務 20 年と言われ、そこで初めて定年まで 20 年もないことに気が付いて愕然とした。とは言え、まだかろうじて 40 代であり、この歳でフェローに推薦していただいたこと、さらには選んでいただいたことを大変光栄に思っている。

自分が研究者になろうと決めたのは、修士 2 年の終わりだった。当時はまだバブル景気がはじける前で、いつでも学生をやめてどこかに就職できる時代だった。年の瀬に始めた実験がたまたま(?)うまく行ったことが決め手になった。徹夜して測ったデータを久城先生の部屋のドアの下に潜り込ませ、一旦家に帰って夕方出直すと、先生が興奮されていたことを思い出す。その時は何がすごいことなのか、よくわからなかった。先生と大晦日の日は何時まで大学に残ることにするか議論したのも良い思い出である。論文の書き方を久城先生に丁寧に教えていただき、これなら自分でも書けると思ったことも、研究者になることを決心する大きな後押しになった。最初の論文に対して、I really enjoyed your paper と書かれた、EPSL 誌の Editor からの手紙は今でも大切にしまっている。

職を得て東工大に行ったことは大きなステップになった。学生時代と同じようなマントル物質の融解実験を、助手になっても続けていたら、名物の教室発表会で、東大岩石学講座の先輩だった K さんに「落穂拾いのような研究をいつまでやっているんだ」と酷評され、これはまずいということになった。いま、自分の論文を被引用回数順に並べてみると、この時までに行っていた実験の報告が上位 5 つのうち 3 つを占めるので、価値の低い研究では決してなかったはずなのだが、何か全く新しい考えを提示した研究ではなかった。

そこで、誰もやったことのないような実験をやろうと思って目をつけたのが、ダイヤモンドセル (DAC) だった。DAC は高圧発生装置の 1 つで、最も高い静水圧を発生でき、レーザー加熱との組み合わせにより、いまで

は地球中心環境を上回る超高压・超高温の実験が可能である。しかしこの当時 (1990 年代後半)、DAC と言えば融解実験、それも目で見て融けた・融けてないといっているだけだったから、かなりいい加減な(?)実験と思われていた。「そんなものに手を出すの?」とさえ言われたが、これなら落穂拾いと後ろ指を指される心配はないだろう、くらいに思っていた。そして何よりも超高压を出せることが魅力で、周囲には、これでマントル最深部の D' 層を解き明かすと大見得を切って、アメリカに DAC の勉強をしに行かせてもらうことになった。東工大の地惑には着任間もない若手をサバティカルと称して海外で送り出す習慣があり、今思えばこれが大変ありがたかった。

カーネギーの Geophysical Lab. にいたのは一年半だったが、何年分も実験した気がする。とにかく時間があつたし、ラボ以外に行くところもなかった。今から思うと、実験設備が特に整っていたわけでもない。当時どこの DAC ラボでもそうだったように、試料をモニターで見ながら、融けた!と言っただけである。自分でも客観性の欠如が心配になり、代わる代わる周囲のポストドクに証人として実験に立ち会ってもらった。加熱用のレーザーが一台しかなく、しばしば放射光施設へ持って行かれてしまうので、放射光を使うわけでもないのに、レーザーと一緒によく出張していた。これほど実験に集中していた時期はなかったが、その理由は他にすることがあまりなかっただけのことである。しかし、それはどの日本人でも同じで、1-2 年海外に行けば誰でもまとまった仕事ができるはずである。

アメリカから帰って、そろそろ 20 年。とにかく「落穂拾い」と言われまいように心がけてやってきた。超高压発生用のダイヤモンドをずいぶんたくさん割ったが、学生たちと一緒に研究を大いに楽しんだ。下部マントルの主要構成物質であるペロフスカイトの相転移に関する最初の論文を書くときに、新しい結晶をどう呼ぶことにするか悩み、ポスト

ペロフスカイトという無難な名前に決めたのも良い思い出である。

この先、「DAC 実験をいつまでやっているんだ」と言われまいよう、新しいサイエンス、面白いサイエンスを提示し続ける必要があると思っている。また最近、「自分の趣味は論文を書くこと」と思えるくらい、論文を書いている時間が楽しい。4 月から片道 50 分電車に乗って東大へ通うようになったが、その時間も論文を書いているだけで全く苦にならない。せっかく研究者の道を選んだのだから、もっともっと研究を楽しみたいと思っている。



超高压実験で用いるダイヤモンドアンビル。2 つのダイヤモンドで加圧し、レーザーで加熱することにより、試料を地球中心の圧力 (364 万気圧) と温度 (約 5000 ケルビン) を超える超高压高温状態にすることができる。





## 松浦 充宏

東京大学名誉教授

専門分野 固体地球物理学

### あの頃の十年

現在、50もの学協会が地球惑星科学連合に参加しているという。喜ばしい限りである。まだ連合がなかった1990年代、これらの学協会はそれぞれの専門分野ごとにそれぞれの目的を掲げて活動していたわけだが、それを当たり前と思うか否かは個々の研究者の意識と置かれた状況による。

地球は複雑であり、そこで生起する現象は多様である。したがって、地球を知るためには、多面的な研究が必要となる。このような視点に立てば、地球惑星科学が異常に多くの専門分野に分かれているのは自然で、何の問題もないように思える。実際、適切な分野設定により対象と方法が明確化されると、関心を持つ研究者の集団が形成され、研究は大いに進展する。問題はその後である。大いなる研究の進展はその分野の体系化を促し、結果としてルーティンワーク的な研究が増え、当初の輝きを失ってしまう。厄介なことに、それでも学協会という組織とそれに支えられた権威は存続し続ける。

私が最も深く関わって来た地震学を例にとると、組織的な研究が始まったのは1880年代と古いが、その多くは現象論的な研究に留まっていた。状況が一変したのは1960年代半ばで、この時期にプレートテクトニクスという新しい地球観が登場し、ディスロケーションという新しい概念が導入され、近代地震学が誕生した。この劇的な転換によって、旧来の権威は退き、代わって登場した若手研究者達が70年代の地震学を主導した。そして、80年代には地震力学とプレートテクトニクスを基礎とする体系化が進み、震源域で起こったことは断層モデルを用いて合理的に説明できるようになった。しかし、地震力学という枠組みの中では、それ以上の進展（これから起こることの予測）は望めず、地震学は再びルーティンワークの場となってしまった。

これから起こることを予測するには、地震発生過程を支配する物理法則の確立が不可欠であった。地震は断層の巨視的剪断破壊であるから、その過程は破壊の進展に伴うエ

ネルギー収支によって支配される。これを断層面での剪断応力とすべり（あるいはすべり速度）の関係として表現したものが断層構成則である。90年代に入ると、実験と理論に基づく断層構成則を支配法則として地震発生の物理過程を定量的に理解しようとする研究分野（地震発生物理学）が誕生した。その発端は1989年に米国で開催されたJapan-US Seminar on Fracture, Form and Fractalsとその翌年に日本で開催されたInternational Symposium on Earthquake Source Physics and Earthquake Precursorsにある。地震学の再生に向けて心に期すものがあつた私は、この二つの国際集会和相前後して、東大で「地震発生論」という大学院セミナーを立ち上げた。それは未だ形のない地震発生物理学なるものを自分達で作り上げていく研究セミナーで、実にごく初め地震学を超えた地震研究の新しい潮流が全国に拡がっている、次の時代を担う多くの研究者を続々と輩出したのである。

こうして地震発生物理学の全体が見通せるようになった1996年頃、超並列ベクトル型計算機（地球シミュレータ）の開発責任者である三好甫さんが研究室に訪ねて来られて、大気・海洋ばかりでは地球シミュレータにならないから固体の方で地震のシミュレーションをやってみないかと声を掛けてくれた。それまでは夢でしかなかった日本列島域の地震発生予測シミュレーションを実現するチャンスが巡ってきたのである。それで、科学技術庁の通称「地球シミュレータプロジェクト」に固体地球分野の代表者として深く関わることになった。ちょうどその頃、クイーンズランド大学（豪）のPeter Moraさんから突然自宅に電話があり、物理モデルに基づく地震発生シミュレーション研究の国際連携組織と一緒に作らないかと誘われた。こちらはすでに地球シミュレータプロジェクトの中で構想を実現化しつつあったので、組織作りの段階から参画し、1998年には豪・日・米・中の4カ国が参加するAPEC Cooperation for Earthquake Simulation (ACES) が創設された。ACESの

活動は地震発生物理の分野に強いインパクトを与え、観測と計算を融合した予測シミュレーション研究への道を開いた。

昔、連合のニュースレターに「複雑で多様な地球を知るためには、それぞれの専門分野で展開している多面的な研究を結びつけ、より高い次元の理解へと発展させていく必要がある」と書いた覚えがある。これを陳腐な謳い文句と受け取った人も多いかもしいないが、私にとっては、これまでの様々な経験に裏打ちされた揺るぎない思いであった。それで、先ず大学院重点化の機を捉え、この思いを共有する濱野洋三さんや木村学さんと共に東大の地球惑星物理学、地質学、鉱物学、地理学の4専攻を統合・再編し、新たな研究教育組織として地球惑星科学専攻を創設した。次に、異分野間の研究情報の交換を促進する全国共通の場として、学協会の連合体としての日本地球惑星科学連合を2005年に設立した。そして、2008年の社団法人化に際しては、基本理念と目的並びに組織形態と活動を明確にし、活動主体としての連合への転換を図った。それから10年、連合はAGUとJoint Meetingを開催するまでになった。でも安心してはいけぬ。どんな組織だろうと、短ければ10年、長くても20年経てば、必ず劣化するのだから。

本稿では、何を書いても良いということなので、自分の人生で最も濃密だった80年代末からの10年間を「あの頃の十年」と題して回顧してみた。ならば、その前の十年、その後の十年はどうだったのかと訊ねたくなるかもしれない。まあ色々なことがあつたけれども、振り返ってみれば、波瀾万丈の楽しい研究者人生だった。何しろ、地震の発生から造山運動まで、好奇心の赴くまま研究してきたのだから。それに付き合ってくれた多くの皆さんに改めて感謝したい。



## ビヨルン・ミーセン

カーネギー地球物理学研究所 上席研究員

専門分野 マグマ系の実験物理化学

### Water – A Journey

Upon entering the University of Oslo about 50 years ago to pursue a degree in physical sciences a firm grounding in chemistry and physics, which introductory courses that lasted for a full year with a single, full-day written exam at the end of the year, was required. After about 10 months of Chemistry 101, the final exam was a written essay scheduled to last for about 8 hours. The essay's title given to us was "H<sub>2</sub>O". This event marked the beginning of a life-long fascination with H<sub>2</sub>O in the Earth.

During graduate studies on high-grade metamorphic terranes in Western Norway's fjord country H<sub>2</sub>O was center stage. It also caused me to move from Norway to the USA in order to learn the intricacies of experimental petrology. This was accomplished at the Pennsylvania State University under the tutorship of Art Boettcher (now Art Montana). However, most of the experimental work carried out at the Geophysical Laboratory supervised by Kushiro-sensei who at that time was a staff member there. The doctoral thesis addressed melting of mantle peridotite in the presence of H<sub>2</sub>O. Kushiro-sensei already had done ground-breaking experiments on peridotite-H<sub>2</sub>O to 3 GPa in 1968<sup>[1]</sup> and was extremely helpful. Following graduation, our collaboration continued while a Carnegie Fellow under the supervision of Kushiro-sensei until 1977 when he returned to Japan and I started a long career at the Geophysical Laboratory.

During this time and in ensuing years, we of us worked together to ascertain the influence of H<sub>2</sub>O on the composition of partial melts in the upper mantle, its effects on the physical chemistry of magma, and on water as a transport medium, in particular, as this pertains to melting processes in subduction zones. It was found that andesite composition melt could form by direct partial melting of peridotite. Other researchers advocated processes that involved melting of descending lithosphere, frac-

tional crystallization and so forth. Of course, we treated water as the single component, H<sub>2</sub>O. It was only some 20 years later that it became clear that slab dehydration processes release H<sub>2</sub>O with up to several moles of silicate components in solution. That realization coincided with the first experimental results from hydrous felsic compositions indicating complete miscibility between silicate melt and silicate-rich aqueous fluid under conditions such as those near 100 km depth in the descending slab<sup>[2]</sup>.

The results of melting experiments with hydrous systems at upper mantle pressure and temperature conditions naturally centered on water solubility and solution mechanisms in silicate melts. At that time, around 1980, it was known that water in silicate melts has profound effects on melt properties. Qualitatively, those effects could be rationalized by assuming that Si-O-Si bridges were cleaved by dissolved water and replaced by Si-OH linkages<sup>[3]</sup>. However, natural magma is much more complex than simply SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O, so we began to address other possible interactions between silicate components and H<sub>2</sub>O. A range of possible OH-group combinations in hydrous silicate melts was detected, which included Al-OH, alkali-OH and alkaline-earth-OH linkages in addition to Si-OH<sup>[4,5]</sup>. It also emerged that water in melts not only dissolved to form OH-bonding with the silicate structure, molecular H<sub>2</sub>O also needed consideration<sup>[6]</sup>. The relative importance of these water species are strong functions of both temperature and silicate composition<sup>[7]</sup>. In fact, water affects melt properties more profoundly the more felsic the melt composition.

Current high-pressure/-temperature experimental research, working in-situ with the samples at high temperature and pressure have shown that the behavior of water in silicate melts is quite complex and not well understood. We do know now how dissolved water

can cause major variations in inter- and intramolecular stable isotope and element fractionation behavior even at magmatic temperatures. Water exsolution from magma during cooling and eruption results in explosive volcanism in fracturing because the volume differences and viscosity effects. Those observations have implications for processes ranging from the physics of magma emplacement to isotope and element fractionation at depth in the Earth<sup>[9]</sup>.

However, this water journey created more questions than the current experimental world can answer. There remain endless challenges.

#### References

- [1] Kushiro, I., Syono, Y., and Akimoto, S., 1968. *J. Geophys. Res.*, **73**, 6023-6029
- [2] Shen, A. and Keppler, H., 1995. *Amer. Mineral.*, **80**, 1335-1338.
- [3] Wasserburg, G.J., 1957. *J. Geol.*, **65**, 15-23.
- [4] Mysen, B.O. and Virgo, D., 1986. *Chem. Geol.*, **57**, 333-358.
- [5] Cody, G.D., Mysen, B.O., and Lee, S.K., 2005. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **69**, 2373-2384.
- [6] Stolper, E., 1982. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **46**, 2609-2620.
- [7] Le Losq, C., Cody, G.D., and Mysen, B.O., 2015. *Amer. Mineral.*, **100**, 466-482.
- [8] Mysen, B.O., 2014. *Progr. Earth Planet. Sci.*, **1**:4. DOI: 10.1186/2197-4284-1-4.



# 水越 允治

三重大大学名誉教授

専門分野 自然地理学, 気候学, 歴史気候学

## 歴史時代の気候復元 — 古記録利用の可能性 —

### 1 歴史時代の気候復元の意義

現在気候温暖化の問題が、大きな関心事となっている。温暖化の要因として、人間活動による大気中や海水中に排出される熱や様々な物質の影響が考えられ、その対策も講じられつつある。最近の気候変動の様相は、それで説明がつくといえよう。しかし、気候は人間活動の影響が少ない、時代にも、変化を繰り返してきた。近くは18～19世紀頃、わが国で言えば近世は小氷期と呼ばれ、寒冷な気候を推測する様々な現象が、各地に現れていた。こうした歴史時代の気候変化がどのようにして、起こったかを知ることが、将来の気候変化にも、人間活動以外の影響が入るとの想定に立った課題である。10<sup>2</sup>～10<sup>3</sup>年程度の気候変化を対象とすれば、歴史時代の気候復元は、21世紀後半以後の気候予測に、欠かせない資料となるに違いない。

### 2 歴史時代の気候復元方法

これまでにも種々の資料に基づいて、10<sup>3</sup>年オーダーの気候復元が試みられてきた。近年では、年輪を利用した成果が多く発表され、興味ある結果が出ている。一方、古文書に記された、天候に関する記録を利用する方法が試みられつつある。双方には共に利点、問題点があるが、日本の歴史時代の気候復元には、古文書の中の記録—古記録—が役立つと考え、その収集に着手した。

日本の古記録は、近世になると全国的に存在するが、それ以前の時代には、ほとんど京都や奈良を中心とした近畿圏に集まる。このことは、日本全国の古気候復元は困難であるが、中央日本については過去千年余に及ぶ古気候復元ができる可能性を示唆する。そこで筆者は、先ず近畿圏を中心に、近世の古記録収集を試み、その後、時代を遡って作業を進めてゆくという計画を立てた。

### 3 古記録の収集

古記録の収集に当たって最初に直面した問題は、天候記録のある文書を探すことで

あった。知識の浅い筆者にとって困難な事であったが、何箇所かの古記録を知ることができた。その中には、すでに刊本になっているものもあったが、多くは原本のままで一々解読しなければならなかった。古文書の解読には多くの方々の指導をいただいた。また幸い、当時併任していた京都大学防災研究所水資源研究センターの研究費を利用していただくことができた。

筆者がまず近世文書の天候記録を収集しようとした目的は、欧米では限られた地域ではあるが、17世紀以後気象観測記録が今日まで続いているのに比べ、わが国では19世紀の後半になって観測が開始されており、近世の気候がどうだったか、欧米との違いがあったか、欧米の記録と併せ見ると、少なくとも北半球の気候がどのように経過してきたかを知ることが出来ると考えたからである。

最初からわが国近世の300年余にわたる古記録を集めることは、かなりの時間を要するので、まず、大飢饉の起こった天明・天保の時代に限って作業を進めた。その結果、これらの時期における気候の異常性について、いくつかの知見を得ることができた<sup>1,2)</sup>。

筆者はさらに、近世文書記録を広く収集し、近世の気候復元を進める予定を立てたが、収集の対象となる記録類の量が膨大なものであることを知り、近世史料の収集作業をひとまず打ち切り、16世紀以前の天候記録の集成分を先行することにした。

### 4 16世紀以前の天候記録の収集

16世紀以前の古記録の大部分は、現在刊本、写本、影印本などにまとめられており、天候に関する記載を拾い出すことは、近世の記録に比べれば容易である。ただ、時代を遡るほど数は少なくなり、また、政体不安定な時代には僅かになっている。記主はその時代の知識層であった公卿や僧侶がほとんどで、近世のような一般庶民の例は稀といっていよう。また、組織を代表する公的記録もあれば、現在の個人日記にあたる私的記録もある。従来歴史時代の天候・気

象記録集成は、災害に関連した記事を中心にまとめられてきたが、今回は、およそ天候に関する記載であれば、間接的に天候を指示する記録も含め、できるだけ原文のまま全て収集するように心がけた。これ等の記録を当時の暦日とそれを現行のグレゴリオ暦日に対応させて表形式で表した。その結果が、11世紀より16世紀まで6冊にまとめた「古記録による天候記録集成」である。

### 5 今後の課題と問題点

現在、17～19世紀前半の近世、及び10世紀以前の中世～古代の天候記録収集が未完である。近世については、すでに多数の記録が収集されているが、その整理作業は到底個人の力の及ぶところではない。幸いにも、総合地球環境学研究所の気候適応史プロジェクト（リーダー：中塚 武教授）がこの問題に取り組み、成果を挙げつつあるので、筆者の収集資料もすべて提供し、近世の気候復元に優れた結果をだされることを期待している。近世記録についての気持ちは、未発見史料が廃棄されてしまわないかということである。近世史研究者の支援が必要で、理系文系を問わず、研究領域を超えた協力が望まれる。

10世紀以前については、天候記録も少なくなるので、各種自然災害や、異常な自然環境の下で起こる現象も含めた資料集成を行うべく、目下作業中である。

### 参考文献

- 1) 水越允治 (1985) 近畿・東海地方における近世の気候復元—とくに乾湿条件について—, 京都大学防災研究所年報, (28B-2), 121-132.
- 2) 水越允治 (1993) 文書記録による小氷期の中世日本の気候復元, 地学雑誌, 102 (2), 152-166.

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のりです。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.jpogu.org/publication/ad.html>

【お問い合わせ】

JGL 広告担当 宮本英昭  
(東京大学 大学院工学系研究科)  
Tel 03-5841-7027  
hm@sys.t.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@jpogu.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.jpogu.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  
2018 年大会  
2018 年 5 月 20 日 (日) ~ 24 日 (木) @千葉県幕張メッセ  
2018 年  
1 月 10 日  
投稿受付開始  
2017 年 12 月 1 日 開催セッション公開!  
詳細は WEB をご覧ください [www.jpogu.org/meeting\\_2018/](http://www.jpogu.org/meeting_2018/)

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)