



TOPICS

新学術領域「太陽地球圏環境予測」	1
箱根火山2015年噴火	3
火星衛星の起源	6

NEWS

学術会議だより	9
第10回国際地学オリンピック日本大会を終えて	10
第13回国際地理オリンピック大会報告	11
JpGU, ORCIDの登録機関に	11

SPECIAL

フェロー授賞記念特集	12
------------	----

INFORMATION

	19
--	----

TOPICS 太陽地球圏科学

新学術領域「太陽地球圏環境予測」

名古屋大学 宇宙地球環境研究所 草野 完也

人類活動の宇宙への拡大と高度な情報化が急激に進む中、太陽活動とそれに起因した宇宙環境の変動は人類社会へ多様な影響を与え得るものとなっている。しかし、複雑な太陽活動とその影響を支配するメカニズムは未解明であり、現代社会は太陽地球圏環境変動に対して潜在的なリスクを抱えている。新学術領域研究「太陽地球圏環境予測 (PSTEP): 我々が生きる宇宙の理解とその変動に対応する社会基盤の形成」では、最新観測システムと先進的物理モデルを用いた太陽地球圏環境の変動予測研究を進めることで、太陽フレアの発生機構や地球放射線帯の生成・変動機構などの科学課題の解決と社会基盤としての宇宙天気予報の発展を相乗的に進めることをめざす。

太陽地球圏環境変動と社会

人類の宇宙進出と共に、宇宙空間は激しく変動し、人間社会にも影響を与えるダイナミックな環境を形作っていることがわかってきた(図1)。特に、太陽フレアは太陽黒点を形成する活動領域の磁場に蓄積されたエネルギーが突発的に熱と運動エネルギーとして解放される現象であり、宇宙空間のみならず社会にも影響を与える。1989年3月には、太陽フレア爆発に伴うコロナ質量放出(CME)が強い磁気嵐を引き起こし、カナダ・ケベック州で地磁気誘導電流を原因とした広域停電が発生した。また、NASAステレオ衛星が2012年7月23日に地球から見て太陽の裏面での巨大爆発を観測した。この爆発が地球側で起きたなら、1859年に発生した観測記録に残る過去最大の磁気嵐(キャリントン・イベント)と同等の宇宙嵐が起きた可能性が高い。

さらに遡ると、名古屋大学の三宅らは樹木年輪中の炭素同位体の解析から、774年と993年に宇宙放射線が急増したことを突き止

めた。これらは巨大な太陽フレアが原因である可能性が高く、その規模はキャリントン・イベントの原因となったフレアの約10倍と推測される。

宇宙嵐の影響は地磁気誘導電流以外に

も、宇宙放射線増加による宇宙空間や成層圏での被爆、帯電や大気摩擦の増加による人工衛星の誤動作、電離圏擾乱による通信・測位への影響など多岐にわたる。キャリントン・イベントを超える規模の激しい擾乱が発生した時、それが現代社会に与える影響を予測することは容易ではない。しかし、その実態と影響を推定し、また発生を予測することは、宇宙嵐の被害を軽減する唯一の手段である。

一方、太陽地球圏環境変動の原因となる太陽黒点活動は約11年の周期で活発化する。現在の第24太陽周期は、過去数十年間で最も黒点数が少ない周期となる可能性が

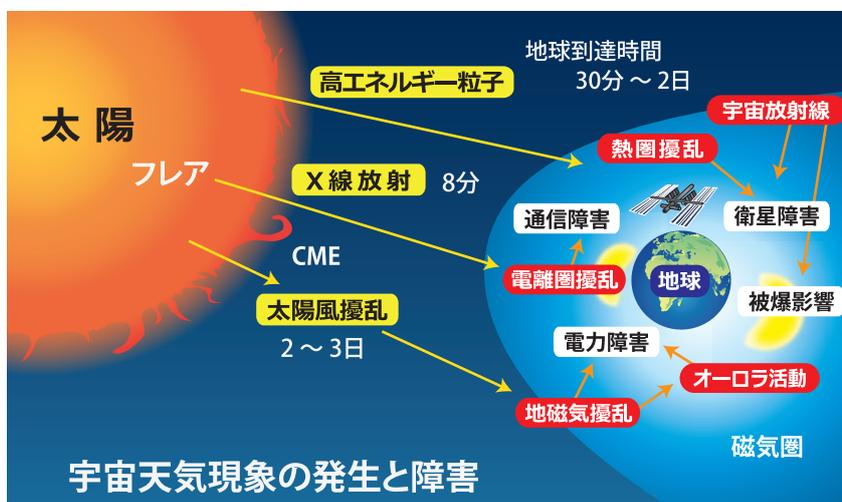


図1 太陽地球圏環境で生じる宇宙環境の擾乱と様々な社会影響 (画像提供 NICT)

あるが、その原因はわかっていない。また、太陽活動が地球の気象・気候に影響を与えることを示唆する様々なデータがあるにも関わらず、そのメカニズムは未解明である。このため、太陽が長期的な気候変動に与える影響の評価には大きな不確定性が伴う。

こうした短期的、長期的太陽活動変動とその影響の理解や予測は、宇宙科学の新たな課題であり、現代社会の安全を確保し、長期的宇宙開発の指針を与えるためにも重要である。

新 学術領域「太陽地球圏環境予測」の目指すもの

日々の宇宙環境を予測する「宇宙天気予報」は日本の情報通信研究機構や米国海洋大気庁 (NOAA) など様々な機関で行われており、例えば、大型フレアの1日前予測は衛星運用や宇宙有人ミッションに利用されている。しかし、その予測信頼性は過去4半世紀に亘ってほとんど改善が認められていない。その原因は太陽フレア発生の物理機構が未解明であるため、経験則にした予測をせざるを得ないことにある。こうした状況は、CME、太陽風、磁気嵐、宇宙放射線、電離圏擾乱など太陽地球圏環境変動に関する様々な現象に共通しており、それらの予測を阻んでいる。

このような問題の解決を目指して、太陽物理学、宇宙空間物理学、地球電磁気学、気象・気候学など関係する多くの分野の研究者が協力するプロジェクト「太陽地球圏環境予測：我々が生きる宇宙の理解とその変動に対応する社会基盤の形成 (通称：PSTEP)」が平成27年度に文部科学省科学研究費補助金新学術領域として発足した。

新学術領域「太陽地球圏環境予測」では予測研究を通し、①太陽面爆発の発生機構

や地球放射線帯における粒子加速機構などの科学的な重要課題の解決と、②社会基盤としての宇宙天気予報の飛躍的発展を共に追求することで、科学研究と社会基盤としての宇宙天気予報を相乗的に発展させることを目的とする。そのため、精密な観測データに基づく太陽地球圏環境の物理モデルによる予測実験を行い、その結果を日々の宇宙天気予報を通して評価し、モデルを改善するというフィードバックサイクルを生み出すことをねらう。こうして構築された信頼性の高い物理予測モデルを用いて、現代社会が経験したことがない大規模宇宙嵐を再現し、将来の激甚宇宙天気災害に備える宇宙天気ハザードマップを作成して、世界に発信することも目標とする。

分野を超えた研究組織と研究計画

本領域では総括班、4つの計画研究 (A01～A04)、17の公募研究 (平成28～29年度)、国際活動支援班を組織し、全国的な分野融合型の共同研究を展開している (図2)。

計画研究 A01 予報システム班 (研究代表者：石井守) は、社会が必要とする宇宙天気予報と科学研究の間にある溝を埋めるため、生活に役立つ宇宙天気情報を適切に導出し、また、日々の予測を科学的理解に反映させる研究をおこなっている。このため、①通信システムへの影響、宇宙飛行士や航空機乗員の被ばく線量変動など実社会で必要とされる予報情報を物理モデルから導出するシステムの開発、②実測された予報誤差を最小化するための改良点を見出すためのシステムの開発、③極端宇宙天気現象による経済インパクトの試算と激甚宇宙天気災害のハザードマップ整備を進めている。

計画研究 A02 太陽嵐班 (研究代表者：一本潔) は、太陽フレアの発生機構の解明および、太陽風と惑星間空間磁場の変動を予測する研究を推進している。特に、精密観測と先端的なコンピュータシミュレーションから、フレア発生の前兆となる磁場構造を捉える方法論を開発する。また、機械学習を用い、観測データからフレア発生予測に有用な情報を抽出する研究も進めている。

さらに「ひので衛星」などが観測する太陽表面磁場、京都大学飛騨天文台に新設した全面速度場撮像装置が捉える太陽面からのフィラメント放出速度、情報通信研究機構 (NICT) の新太陽電波バースト監視システムが捉える衝撃波伝播、名古屋大学の電波シンチレーション観測システムが捉える太陽風構造などの情報をもとに、太陽圏シミュレーション (図3) を実施し、地球軌道上の太陽風と惑星間空間磁場の変化の予測を可能にするための取り組みを始めている。

計画研究 A03 地球電磁気班 (研究代表者：三好由純) では、①地球放射線帯電子や太陽プロトンによる宇宙放射線、②電離圏の電子密度変動、③地磁気誘導電流に焦点をあて、太陽と太陽風の擾乱に対するこれらの応答を予測する研究を進めている。特に、本年度打ち上げのジオスペース探査衛星 ERG や、世界で他に類を見ない広域地上多点ネットワークによる電磁気圏変動の観測とともに、電力会社と協力して送電線の誘導電流を測定することで、予測精度の改善を進めていく。また、地球電磁気圏のグローバル変動から局所変動を求めるマルチスケールモデルの開発をめざす。

一方、太陽黒点活動の周期的変動や17世紀後半のマウンダー極小期に代表される太陽活動の長期変動は、気候変動の自然要因

創刊 1998年
Impact factor 1.871

Open Access Journal

Earth, Planets and Space

EPS誌は学際的研究の特集号提案を歓迎します

Earth, Planets and Space

EPS誌は地球電磁気学・超高層大気物理学・宇宙科学・地震学・火山学・測地学・惑星科学分野の論文を扱っています。新領域・境界領域及び機器開発などの論文投稿も歓迎します。

論文投稿、特集号提案の詳細は以下をご覧ください
<http://www.earth-planets-space.org/>

<http://earth-planets-space.springeropen.com/>
出版論文は無料で閲覧できます

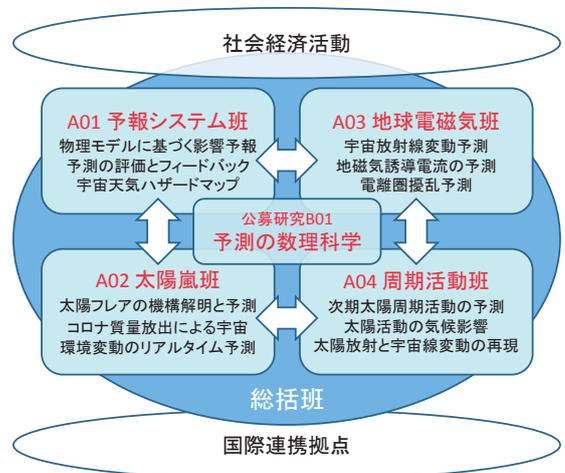


図2 新学術領域「太陽地球圏環境予測 (PSTEP)」の研究組織。4つの計画研究班 (A01-A04) と公募研究による予測の数理科学分野 (B01) が相互に協力し、分野を超えた総合的研究を実施する。

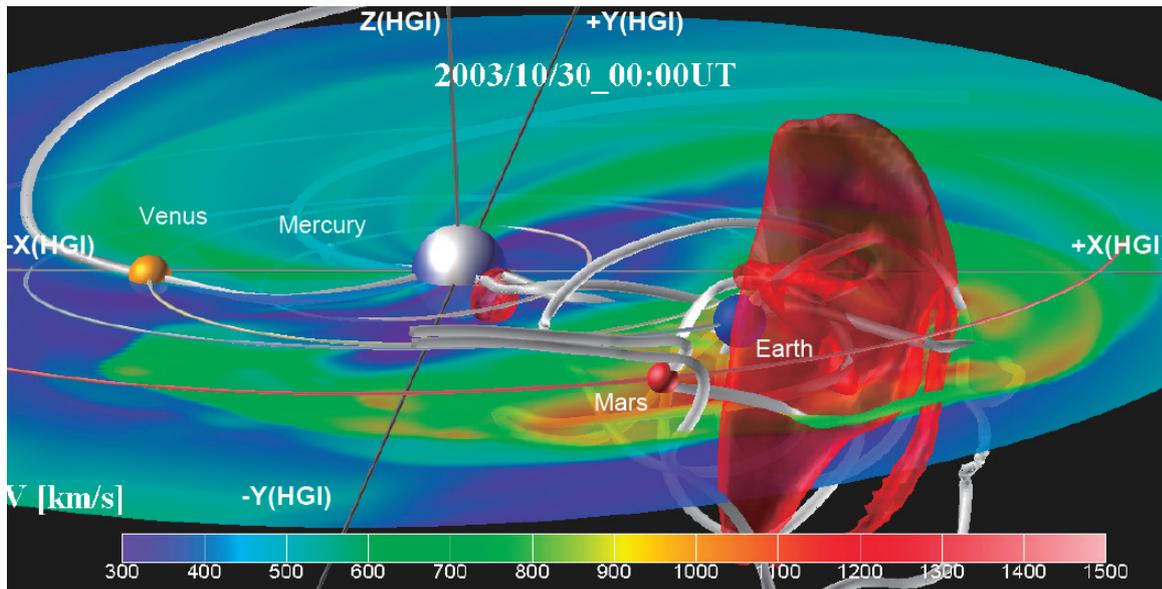


図3 太陽から放出され地球に到達したコロナ質量放出の惑星間空間における速度と磁力線の構造を予測する3次元計算機シミュレーションの結果 (画像提供: 塩田大幸)

のひとつと考えられる。計画研究 A04 周期活動班 (研究代表者: 余田成男) では、太陽活動変動の気候影響メカニズムの理解と共に、現在の低調な太陽活動の特異性を把握し、次期太陽周期の活動度を予測するための研究を展開している。このため、太陽放射の強度とスペクトルの長期変動や宇宙放射線変動を外部強制力とする気候シミュレーションを実施し、結果を全球大気解析データや氷床中の同位体などの古気候データと比較することで、太陽活動変動が気象と気候に影響を与えるメカニズムを特定しようとしている。また、スーパーコンピュータ「京」を利用して世界で最も精密な太陽ダイナモシミュレーションを実施し、太陽周期活動のメカニズムを解明する研究も進めている。

加えて、公募研究では太陽地球系科学のみならず、先進的な数理解析研究、数値計算アルゴリズム開発、大規模シミュレーション、機械学習システム開発、データ同化手法、ビッグデータ分析など予測手法の開発を目指した新たな数理科学研究分野 (B01 班) の研究も進めている。

国際連携のリーダーとして

太陽地球圏環境変動は全地球的な課題であり、様々な国際組織が関係している。例えば、各国の宇宙天気予報機関で構成する国際宇宙環境情報サービスをはじめ、国連宇宙空間平和利用委員会、国際宇宙空間研究委員会、世界気象機関、国際民間航空機関などでは宇宙天気予報とその社会利用について活発に議論されている。一方、太陽地球系物理学科学委員会が主導する「太

陽活動変動とその地球への影響」に関する国際ネットワークや、国際宇宙天気イニシアティブは太陽地球圏環境を探索する科学研究の国際的なフレームワークを提供している。本領域の関係者はこれらの活動において重要な役割を担い、宇宙天気予報と太陽地球系科学研究の国際活動をつなぐリーダーとしての役割を果たすことを目指す。そのためにも、NASA のコミュニティ・コーディネーター・モデリングセンター、NOAA の宇宙天気予報センター、韓国天文研究院の太陽宇宙天気グループなど各国の拠点と国際共同研究に関する連携を強化している。

予測を通じた科学と社会の発展へ

本領域では、生存環境としての太陽地球圏の変動を正確に予測し、科学と社会を相互に繋ぐ新しい学術研究を進めている。このため、国内外の関連研究者や様々な事業分野の技術者との協力のもと、これまでに見えなかった共同研究が発展しつつある。分野と組織の垣根を超えたこのような取り組みは他に例を見ない。多くの方々のご支援を得て、新たな

学術の発展のために優れた成果を生み出したい。

—参考文献—

新学術領域「太陽地球圏環境予測: 我々が生きる宇宙の理解とその変動に対応する社会基盤の形成」ホームページ <http://www.pstep.jp/>

柴田一成・上出洋介編著 (2011) 「総説 宇宙天気」, 京都大学出版会。

Committee on the Societal and Economic Impacts of Severe Space Weather Events (2008) Severe Space Weather Events - Understanding Societal and Economic Impacts: A Workshop Report. The National Academies Press, DOI: 10.17226/12507

一般向けの関連書籍

ジョン・エディ著, 上出洋介, 宮原ひろ子訳 (2012) 太陽活動と地球: 生命・環境をつかさどる太陽, 丸善出版。



著者紹介 草野 完也 Kanya Kusano

名古屋大学宇宙地球環境研究所 副所長・教授

専門分野: プラズマ宇宙物理学, 太陽地球圏環境変動, 特に太陽面爆発現象の発生機構のその予測に関する研究, 太陽・惑星ダイナモの変動機構, 磁気再結合, トーラスプラズマの非線形不安定性と自己組織化, 雲の数値モデリン

グなど。

略歴: 北海道大学理学部卒業, 広島大学大学院理学研究科物性学専攻博士課程修了, 理学博士, 広島大学理学部, 同大学院先端物質科学研究科, 海洋研究開発機構地球シミュレーションセンターを経て現職。

箱根火山 2015 年噴火 — 火山研究と防災対応 —

神奈川県温泉地学研究所 萬年 一剛

箱根火山は昨年（2015 年）、史上初めての噴火をしたが、噴火前から箱根町や神奈川県により迅速な火山防災対応が行われた。こうした対応を可能にしたのは、2001 年におきた異常を契機とした研究や防災行政の進展である。本稿では、箱根火山の噴火史と研究史、2015 年噴火の推移を振り返る。早めの対処という点で成功例とみられる今回の噴火対応も、詳しく検証すると課題はあり、さらなる進化が必要である。

箱根火山の噴火史

箱根火山は少なくとも 40 万年前には噴火活動をはじめた火山で、様々な規模や様式の噴火を繰り返してきた。現在は、約 4 万年前から続く「後期中央火口丘形成期」と呼ばれる時代にあると考えられる。

後期中央火口丘形成期の活動は、カルデラ内で安山岩質の溶岩流や溶岩ドームを形成する噴火を繰り返した。地質調査ではこれらが少なくとも 12 回あったことが知られている。噴火の際には崩れ落ちた溶岩がもとになり、雲仙火山の 1990 - 1995 年噴火で見られたような火砕流が発生した。最新のマグマ噴火である 3000 年前の冠ヶ岳の噴火では、箱根火山最高峰の神山が山体崩壊を起こし、比較的平坦な仙石原を作り上げたほか、早川をせき止めて芦ノ湖が形成された（図 1）。2015 年噴火の舞台となった大涌谷は、神山の崩壊跡にある箱根火山最大の噴気地帯である。

3000 年前のマグマ噴火以降、大涌谷やその周辺で少なくとも 5 回の水蒸気噴火があったことが、地質調査によって確認されている。これらの水蒸気噴火による噴出量は、堆積物の分布から 10 万 m³ 台と推定される。これは 2014 年の御嶽山噴火と同じ規模である。最新の水蒸気噴火は、放射性炭素同位体年代から約 800 年前と推定されるが、歴史文書に箱根の噴火を裏付けるものはない。

近代以降の箱根火山

箱根火山の噴火活動は比較的低調であるが、地震活動は活発で、有感地震を多数伴う群発地震が観測されてきた。群発地震の際には噴気の異常が見られることがある。例えば 1933 - 35 年の群発地震活動では、神山と駒ヶ岳の鞍部から、高さ 200 m ほどの噴気が上がったという。これは噴火とは認められていないが、噴気異常としては非常に顕著な事例である。ただ、多くの群発地震では、噴気異常の有無がよくわからない。

1959 年 9 月から翌年 4 月まで続いた群発地震では、噴火を懸念した神奈川県知事が、

東京大学地震研究所の水上武教授に観測を依頼した。この時、水上教授は噴火の可能性を否定したが、観光客が集中する箱根火山の特性上、神奈川県が独自に観測することが重要であると説いた。この意見を元に、神奈川県箱根地震観測所が設置された。1968 年に同施設は神奈川県温泉研究所（現在の温泉地学研究所）に移管されたが、箱根火山の観測網はその後、何度かの更新と増強を経て現在に至っている。

2001 年の異常

箱根火山を継続的に監視するようになってから長い間、有感地震を多数伴うような本格的な群発地震は観測されてこなかった。しかし、2001 年に転機が訪れた。

2001 年の群発地震は、温泉地学研究所の観測史上最大のもので、また観測史上初めて、顕著な地殻変動と噴気異常を伴った。群発地震は 6 月 12 日頃から始まり、急激に回数を増したが、これより 3 週間ほど前に、温泉温度の異常や、地殻変動が始まった。大涌谷では温泉造成用の蒸気井が多数掘削されているが、いくつかの蒸気井に 7 月 16 日頃から徐々に異常が見られるようになった。うち、第 52 号蒸気井は、7 月 21 日 11:40 に発生したこの活動最大の地震（M =

2.9）のあと、噴気量が增大して制御不能な状態（＝暴噴状態）になった。

地殻変動の解析からは、地下 7 km 付近に等方的な、また海面付近の深さに平板状の膨張源が推定され、それぞれマグマだまりと熱水だまりの膨張と解釈された。この解析結果と、蒸気井の暴噴という事実は箱根の研究者に衝撃を与えた。不活発だと思い込んでいた箱根火山に、活動中のマグマだまりがあり、ときおり浅部に貫入する熱水が群発地震を引き起こす。そして、貫入した熱水が蒸気井にあたって暴噴を引き起こしたというイメージを想起させたからである。貫入した熱水が地表にまで到達したら、水蒸気噴火を引き起こす。

このようなイメージはその後、温泉地学研究所が行ってきた地球物理学的研究により次々と確かめられた。また、3000 年前以降の水蒸気噴火（前述）が地質調査で確認されたのも 2001 年以降の事である。

箱根町にとっても 2001 年の異常は衝撃的で、町は独自に火山防災マップを作成したほか（2003 年）、2008 年に気象庁が順次運用し始めた噴火警戒レベルも、翌 2009 年には早くも箱根火山に導入された。その後、2014 年の御嶽山噴火を契機に、レベル 1 の段階でも、火山の状態に変化があれば広報や立入制限を行う「避難誘導マニュアル」が策定され 2015 年 4 月から運用が始まった。

2015 年噴火

箱根火山の 2015 年噴火の前、最初に異常が現れたのは山体を挟む GNSS 観



図 1 長尾峠から見た箱根火山中央火口丘北部。神山が山体崩壊して生じた馬蹄形カルデラの中に冠ヶ岳が成長したこと、また山体崩壊堆積物が仙石原を埋めて、芦ノ湖が生じたことが、地形的に読み取れる。山体崩壊が起きたら大災害であるが、箱根観光の要所がこのプロセスで造られたことを想起することが、観光地・箱根にとって重要なことだろう。

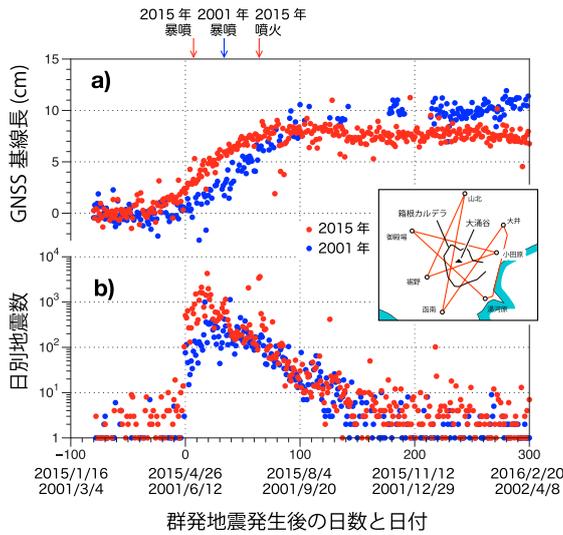


図2 2011年異常と2015年噴火前後のGNSS基線長(a)と、日別地震数(b)の変化。GNSS基線長は枠内の地図にある複数の測線(赤線)を標準化して平均した「スタッキング法」による相対変化。日別地震数は、連続波形の目視によるもの。2011年に比べ2015年のほうが基線長の変化量はやや少なく、地震数は多いが、時間変化パターンは類似している。

測点間の基線長変化で、4月上旬(図2a)に始まり、下旬には認識された。4月26日には群発地震の状態となり、地震数は急激に上昇した。5月3日早朝、大涌谷の第39号蒸気井が暴噴状態にあることが確認され、同日午後臨時の箱根火山防災対策協議会が招集され、夜には翌日から大涌谷の一部を閉鎖することが発表された。

この時、地震・地殻変動・噴気異常と2011年に経験した「3点セット」が揃ったが、気象庁が基準としていた地震数に足りず、噴火警戒レベルの引き上げはなかった。しかし

5月5日にやや大きい地震が頻発し、翌6日早朝、箱根山に史上初めて噴火警戒レベル2が発表された。これをうけ、大涌谷周辺の半径約500mの範囲が立入制限となったほか、そこに続く県道、登山道、遊歩道が通行止めとなり、箱根ロープウェイ全線が運行停止になった。

地震数は5月15日に最大を記録したあと、熱水の貫入に関係するとみられるパルス的な増加を時々伴いながらも徐々に減少を続けた(図2b)。6月28日には火山防災対策協議会のコア会議で、噴火警戒レベル引き下げに備えた対応をしていくことを確認していた。ところが、翌29日の午前7時過ぎから、地震が頻発し、波形はこれまで観測されたことがなかった長周期の成分を含んでいた。このため、一部許可されていた温泉事業者等の立入許可が取り消しになった。この時点でも、噴火はほとんど念頭になかったが、12時50分過ぎに強羅付近の住人から降灰しているという通報があり、現地調査が始まった。

現地に入ってみると、大涌谷からはかつてない量の噴気が上がっていたが、噴気と霧により火口は確認出来なかった(図3a)。大涌谷下流では、熱泥流らしき灰色の泥流が流

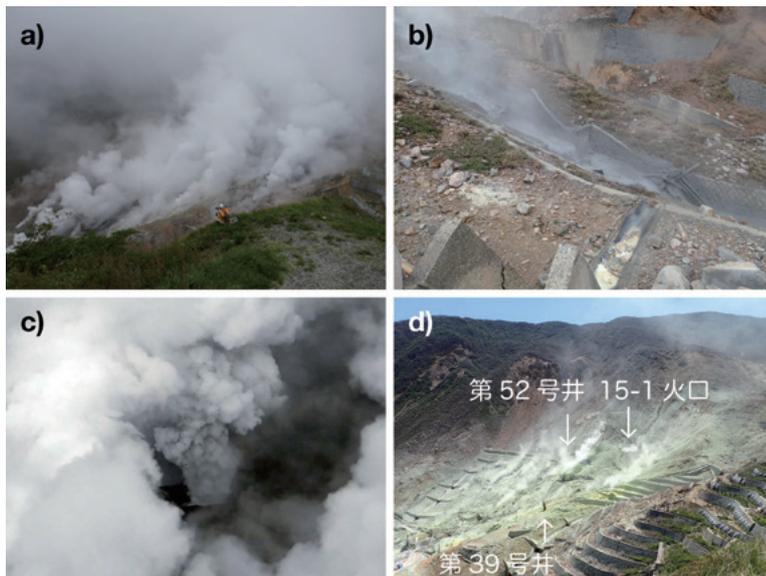
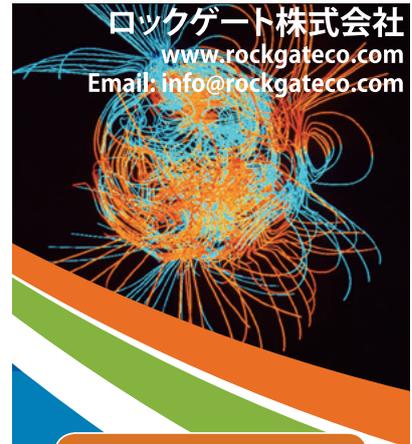


図3 a) 29日17:22の大涌谷。もうもうと上がる噴気で地表の様子はほとんど確認出来なかった。b) 29日15:56の大涌谷の様子。噴火域の下流を流れる大涌谷では灰色の泥流が流下しているのが確認された。c) 30日11:30に撮影された火口の様子。この火口は15-5火口で、直径は7m程とみられる。d) 最近の火口域の様子(2016年8月9日)。



Mag639 広帯域幅センサ

- ・測定範囲: $\pm 100\mu\text{T}$
- ・帯域幅: 12kHz(@-3dB)
- ・MT, TDEM測定など地表の浅い範囲の高伝導性の物質の検出に使用されます。



MS2 帯磁率測定器

- ・表示ディスプレイ付き。
- ・PCと接続しデータの収録可。
- ・プローブとの組み合わせにより使用。
- ・10cc/1ccサンプル用、コアロギング、表面スキャン用等様々なプローブ。



HC ヘルムホルツコイル

- ・コイル直径: 35cm-2m
- ・磁気発生: 最大250 μT -1mT(@DC)
- ・パワーアンプ、コントロールユニットもあります。

Bartington[®]
Instruments
www.bartington.com

下しているのを確認したが(図 3b), 温泉供給施設が破損した可能性も捨てきれず, 噴火と断定するには至らなかった。火口は翌 30 日に確認され(図 3c), 噴火警戒レベルが 3 に引き上げられた。7 月 1 日は大雨と強風で火口付近への立入はできなかったが, 現地に残したタイムラプスカメラの映像や, 空振計などの記録から噴火はこの日に終了したものとみられる。現在は, 7 月 1 日朝までに形成された 15-1 火口を中心に大小約 20 の噴気孔で噴気活動が続いている(図 3d)。

火山防災と噴火の予測

箱根火山 2015 年噴火は, 2001 年異常と基本的には同様の経緯をたどった。地震数こそ 2015 年噴火のほうが 3 倍程度大きく, 増加ペースもかなり速かったが, 地殻変動のペースはほとんど同じで, 量はやや少なかった(図 2)。噴火警戒レベルは 2001 年の異常と同様の状況に至ったら, 2 に引き上げることになっていたが, これは 2001 年が極めて噴火に近い現象であったと認識していたためである。今回, レベル 2 に引き上げた中で, 噴火を迎えたのは想定内と言える。しかし, 先に述べたとおり, 噴火前日には, 活動は低下傾向と判断していたなど, 噴火は予想外であった。

予測精度を上げる研究は, 火山システムの

理解と直結しており, 純粋な火山学的にも重要であることは変わらない。しかし, 箱根の 2001 年と 2015 年の事例を比べるまでもなく, 噴火に至るか否かは偶然的要素が大きく, 完全な予測は今後も不可能だろう。噴火の規模や推移に至っては, 不確実性はさらに大きい。今回はたまたまシナリオ通りに推移したと言うだけで, シナリオからのわずかな逸脱, たとえば, 規模が若干大きかったり, 大涌谷以外に火口が生じたりしたら混乱が大きかったら。今後は, 複数のシナリオの確率と, それぞれのシナリオによる損失を勘案して, 規制範囲など行政的な防災対応の方針を立てることも重要であろう。こうした情報を作成するのは, 地元研究者だけでは難しく, 様々な研究者・実務者の支援が必要である。

有事だけでなく平時に, 火山防災協議会などの場で, 複数のシナリオとそれぞれの確率を提示したうえで, 対応策の立案を行うという演習も必要であろう。確率論的な考え方を

取り入れた演習をこなすことで, 不確実性が大きい火山現象への対応をシミュレートし, 実戦力を向上させることが期待できる。また, 演習中の議論や発見を, 噴火警戒レベルの改訂に反映させる枠組みも必要だろう。

—参考文献—

萬年 (2016) 箱根火山の観測・研究と 2015 年噴火。地質と調査, 145, 26-31。

竹中・片山 (2016) 2015 年箱根山火山活発化に伴う防災対応。神奈川県温泉地学研究所観測だより, 66, 3-12。

(いずれも無料でダウンロード可能)

■一般向けの関連書籍

日本火山学会編 (2015) *Q&A 火山噴火 127 の疑問 噴火の仕組みを理解し災害に備える*, 講談社。



著者紹介 萬年 一剛 Kazutaka Mannen

神奈川県温泉地学研究所 主任研究員

専門分野: 火山学, とくに箱根火山の地下構造や, 降灰シミュレーション技術を応用した降灰量測定, 噴煙柱高度推定の研究を行っている。

略歴: 筑波大学第一学群自然学類卒業。同大学院博士課程地球科学研究科中退。神奈川県技術吏員, 温泉地学研究所に配属, 現在に至る。九州大学博士(理学), 2010-2011 年 University of South Florida 客員研究員。

火星衛星の起源 —ちっぽけな衛星が語る壮大な物語—

東京工業大学 地球生命研究所 玄田 英典

火星には 2 つの小さな衛星フォボスとデイモスが存在する。その起源については, 「捕獲説」と「衝突説」の 2 つの対立する仮説が検討されているが, 決着はついていない。現在, JAXA は火星衛星に探査機を送り, 試料を地球に持って帰る計画を検討している。試料の分析によって火星衛星の起源に決着がつかはざである。そもそも, ちっぽけな火星衛星の起源がなぜ重要なのか? 火星衛星の試料から, 我々は太陽系について, いったいどんな壮大な物語が描けるのだろうか?

惑星の化石としての衛星

惑星は, 形成直後から現在にいたるまでの進化の過程によって, 形成当時の情報の多くを失っている。たとえば, 地球の年齢は約 45 億歳であるが, 40 億年前よりも古い地質は地球上に残っていない。したがって, 40 億年前の地球がどのような状態であったのかを, 地球から探ることは一般的

に困難である。一方, 衛星は惑星形成の最終段階に形成された可能性が高く, 惑星形成の最終段階がどのようなものであったのかを語る『惑星の化石』として重要な研究対象である。実際に, アポロ計画によって人類が手にした月試料の分析から, 地球誕生に関する知識が飛躍的に増えた。たとえば, 月試料から斜長石を主成分とする斜長岩が発見されたことにより, 月は過去に大規模な溶融状態

を経験したことがわかった。このことから, 月の起源としてジャイアントインパクト説が台頭し, 同時に地球も大規模な溶融状態を経験したと考えられるようになった。また, 前述した約 45 億歳という地球の年齢が導き出された根拠のひとつは, 月試料の年代測定によるものである。

同様に, 火星衛星の試料が手に入れば, 火星誕生に関する我々の理解は飛躍的に進展するだろう。

そのような状況の中, JAXA は, 「はやぶさ」と「はやぶさ 2」で培ったサンプルリターン技術を生かし, 火星衛星から試料を採取し地球へ帰還する MMX 計画 (Martian Moons eXploration) を検討している。2020 年代前半の打ち上げを目指し, 早ければ 3 年で火星衛

星の試料が地球に戻ってくる。このMMX計画は、火星衛星の起源を物証的に明らかにし、『惑星の化石』という観点から火星本体の誕生に迫り、さらに、火星が内惑星と外惑星の接続領域に位置しているという特性から、揮発性元素を含んだ天体の太陽系内における輸送メカニズム、つまり外惑星領域から地球型惑星への水・大気成分の供給プロセスを物証的に明らかにするという目的を持っている。

火星衛星の起源：対立する2つの説

火星には2つ衛星フォボスとデイモスが周回しており、それぞれ直径20 kmと10 km程度と小さく、ジャガイモのような形をしている(図1)。火星衛星の起源は、比較惑星学という観点から、なぜ水星と金星には衛星が存在せず、その他のすべての惑星には衛星が存在しているのかということを考える上で興味深い。

火星衛星の表面反射スペクトルは、小惑星の中でも水や有機物に富んだC型やD型に分類される始原的な小惑星の反射スペクトルに類似している。ただし、始原的な小惑星や隕石に特徴的な水に関する吸収線に関しては、はっきりとしたものが確認されていない。このような特徴から、火星衛星は小惑星帯の外縁部もしくは外惑星領域から飛来した小天体がなんらかのメカニズムで火星に捕獲された天体だと考えられてきた(捕獲説)。しかし、捕獲説の最大の問題点は、火星衛星の軌道である。フォボスとデイモスは、火星からそれぞれ火星半径の2.8倍と6.9倍離れた場所をほぼ円軌道でかつ火星の赤道面を公転している。一般に、小天体はあらゆる方向からやってくるはずなので、捕獲された衛星の軌道は楕円かつ赤道面からずれていることが期待される。実際に木星型惑星には、合計100個以上の捕獲衛星が存在しているが、それらの軌道は楕円であり惑星の赤道面に対して0~180度の範囲でほぼランダムに分布している。

偶然、火星赤道面に小天体が飛来してきた可能性は否定できないが、その場合、たとえば、赤道面から2度以内(現在の火星衛星の傾きよりも少し大きめ)に飛来する確率は $P_1 = (1 - \cos I)/2 = 0.03\%$ であり、2つの小天体が両方とも2度以内に飛来する確率は $P_2 = P_1^2 = 10^{-7}$ となる。この確率はちょうど年末ジャンボ宝くじの1等と同じ確率である。捕獲説で現在の2つの火星衛星の軌道を自然に説明するためには、確率を飛躍的に高めるための何らかのブレイクスルーが必要であることは明らかである。

一方、火星衛星の軌道を自然に説明でき

るかもしれないという仮説が衝突説である。Craddock(2011)は、火星の北半球に広がるボレアリス平原が天体衝突によって形成されたクレーター跡である可能性が高いことに注目して、この平原を作った天体の衝突(図2)によって、物質が火星周回軌道にばらまかれ、火星の赤道面上に円盤が形成され、そこから火星衛星が作られたとするアイデアを提案した。月の起源であるジャイアントインパクト説とほぼ同じであるが、火星衛星は月と比べてはるかに小さいため、衝突天体も小さくてよく、火星表面に衝突の痕跡が地形として残っているという点が興味深い。

その後、この衝突説の枠組みで、2つの火星衛星が実際に作れるのかどうか調べられたが、残念なことに成功はしなかった。衝突説では、確かに円軌道かつ赤道面に衛星が形成されることは確かめられたのだが、重要な問題が露呈したのである。それは、2つの衛星と火星の共回転半径(惑星の自転周期と衛星の公転周期が一致する半径)の位置関係である。現在、フォボスは、火星の共回転半径(火星半径の約6倍)の内側を公転しているため、火星との潮汐相互作用で、時間とともに火星に近づいている。一方、デイモスは、共回転半径の外側を公転しているため、火星から遠ざかっている。このことは、火星衛星が作られたと考えられている大昔に時間を遡ると、2つの火星衛星はともに共回転半径近くで作られなければならないということの意味する。しかし、衝突説の枠組みでは、火星の近傍で衛星が形成され、共回転半径近くまで衛星を移動させることは物理的に不可能であった。

衝突説優勢か？

このような状況の中、我々は最近、衝突説の問題を完全に克服することに成功した。まず、そもそもボレアリス平原を作った天体衝突で、どのような円盤が火星周回上に形成されるのか高解像度の衝突数値計算を行い調べた(Citron *et al.*, 2015)。その結果、フォボス1万個分の物質が火星赤道面周回上にばらまかれることがわかった。このとき、円盤物質の99%以上は火星近傍を周回しているが、わずかではあるが、火星衛星を作るのに十分な量の物質が、共回転半径付近にま



図1 フォボス(左)とデイモス(右)
(提供: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)



図2 火星への巨大天体衝突のイメージ (提供: Labex UnivEarthS)

で広がっているのだ。すなわち、火星近傍で衛星を作って外側に運ぶのではなく、すでに外側にばら撒かれた円盤物質から直接火星衛星を作ってしまうばよということになる。

衝突計算で得られた結果を初期条件として、2つの衛星が実際に外側で作られるかどうかを確かめてみると、結果は残念なものだった。火星から離れた場所での衛星集積は非常に効率が悪く、5~10個のさらに小さな衛星が形成されてしまったのである。これら衛星の軌道は非常に安定であり、衝突合体することはない。

再び衝突説に暗雲が立ち込めた中、我々は、あるアイデアに辿り着いた(図3)。火星近傍にばら撒かれた大量の円盤物質である。月の形成と同じように、この火星近傍の円盤物質から巨大な衛星が形成されたはずである。この巨大な衛星が持つ強い重力によって外側円盤の衛星の集積が促進された可能性がある。実際に、数値計算で確かめたところ、フォボス1000個分の質量を持った巨大な衛星がロッシュ限界付近(火星半径の約3倍)に形成され、この巨大衛星の重力により外側の軌道で衛星集積が促進されたのである。我々は、様々な初期条件の計算を約300通り行い、30%の確率で、2つの火星衛星が共回転半径をまたぐようにして形成されることを確かめた(Rosenblatt *et al.*, 2016)。

巨大衛星は、小さな2つの衛星の形成を促したのち、火星との潮汐相互作用により、最終的には、約500万年後に火星に落下して、

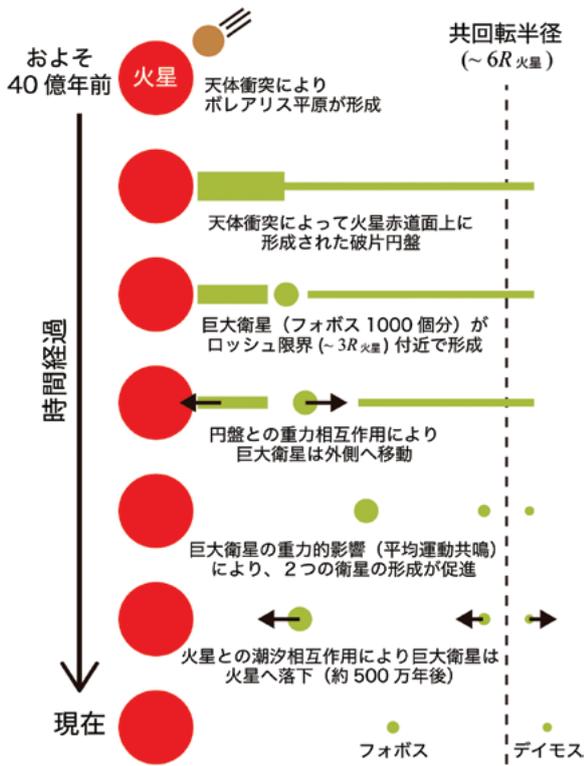


図3 火星衛星形成の新しいシナリオ。詳細はYouTubeで公開している動画を参照のこと (https://www.youtube.com/watch?v=iAgdkMPuCWc)。

姿を消す。火星表面にだけ突出して多く存在する楕円状のクレーターは、この巨大衛星の落下の際に、潮汐破壊された巨大衛星のかけらが火星表面とほぼ水平に衝突してきた痕跡なのかもしれない。

貴重 重要な火星衛星サンプル

衝突説の枠組みでは、火星衛星を作った物質は、火星本体から飛び出した物質と、衝突天体の物質の混合物となる。このことは、衝突説が正しければ、MMX計画で得られる火星衛星の試料からは、2種類の貴重な石、つまり初期火星本体に由来する物質と、衝突天体に由来する原始的な物質が一度で手に入ることとなる。まさに「一石二鳥」である。いや、この場合は「一鳥二石」と言った方がよいかもしれない。さらに、火星マントルからも大量の物質が放出される可能性が高いことがわかってきた。天体衝突による天然のマントル掘削計画と言える。近い将来、地球人は地球マントルよりも詳しく火星マントルの組成を知ることになるのかもしれない。

さらに、火星は45億年の歴史の間に、無数の小天体の衝突を経験している。この衝突により、火星表層の物質が飛び出して、その一部がフォボス表面上に降り積もっている可能性が指摘されている。火星衛星の試料を詳細に分析することによって、火星の様々な

時代の表層環境を物証的に解明することが可能かもしれない。地球で行われてきた「全地球史解説」になぞらえて、筆者はこれを「全火星史解説」と呼んでいる。

事実は理論よりも奇なり

筆者は、衝突説が正しいとは主張しない。あくまでも、火星衛星の起源を決着づけるためには、火星衛星の詳細観測と試料の分析が必要である。ちなみに、筆者は、現在、捕獲説でも火星衛星を作れないか検討している。年末ジャンボ宝くじ1等の確率をなんとかしたいと考えている。本稿が読者の元に届く頃にはミニロト1等ぐらの確率($\sim 10^{-5}$)にはなっているかもしれない。

そもそも、筆者の経験上、シミュレーションは、大体のことを説明してしま

う。したがって、近い将来、捕獲説でも説明できてしまうだろう。恐れずに言うと、シミュレーションはある意味、反則行為である。サッカーの試合で反則したら一発退場をくらってしまうことがあることを考えると、学術分野におけるシミュレーションについても、取り扱いは十分な注意が必要である。さらに言えば、衝突説も捕獲説も間違っている可能性も

ある。その場合でも、火星衛星の試料が手元になれば、新たな仮説の構築と検証は十分に可能である。実際に、アポロ計画以前は月の起源として分裂説・捕獲説・共成長説が検討されていたが、アポロ計画によってジャイアントインパクト説が台頭したのである。

のそみ

NASAは2020年代後半に火星本体からのサンプルリターン、2030年代には火星有人探査を計画している。国際情勢を考えると、今後の惑星探査は今以上に国際協力が経済的にも科学的にも重要となってくる。我が国は、悲願である火星圏探査をMMX計画で成功させ、将来の惑星探査・火星有人探査のパートナーとしての実績を作る必要がある。さらに、MMX計画でNASAに先んじて火星由来物質を手に入れ、面白いサイエンスを展開することができれば、NASAをギャフンと言わせることもできるとさえ思っている。文字通りNASAがギャフンと言うかどうかかわからないが、

—参考文献—

Craddock, R. A. (2011) *Icarus*, **211**, 1150-1161.

Citron, R. I. et al. (2015) *Icarus*, **252**, 334-338.

Rosenblatt, P. et al. (2016) *Nature Geoscience*, **9**, 581-583.

■一般向けの関連書籍

渡部潤一・井田茂・佐々木晶 共編 (2008) シリーズ現代の天文学9「太陽系と惑星」、日本評論社。



著者紹介 玄田 英典 Hidenori Genda

東京工業大学 地球生命研究所 特任准教授・准主任研究員

専門分野：惑星科学。理論とシミュレーションを駆使して惑星・衛星の特徴がいかにして生じたのかを解明することを目指している。

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)、日本学術振興会PD、GCOE特任助教などを経て現職。

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

日本学術会議の動向

日本学術会議 地球惑星科学委員会 委員長 大久保 修平 (東京大学)

日本学術会議は、2016年4月14日-15日に171回総会および第三部会(理学・工学)を、また8月2日-3日に第三部会、7月29日に地球惑星科学委員会を開催した。これらの会議で特に焦点となった事項及び、今後の動向について解説する。

防衛装備庁の安全保障技術推進制度

学術研究の基盤的経費が年々削減される中、新たな競争的資金制度が、平成27年度から防衛装備庁によって運用されている。大学や研究開発法人の研究者を対象に1件当たり3,000万円以内の研究費を支給し、防衛装備庁のプログラムディレクターの監督のもとに研究をすすめるものである。平成28年度は総額3億円の予算規模であったが、平成29年度は20億円となり、さらに増額されて数十~百億円規模になるともいわれている(企業との共同研究は、これとは別建てで1千億円規模)。この制度に研究者が応募することを認めるかどうかは法人単位で対応が異なっており、学術会議としての立場を明確にすることが求められている。これまでに出版された学術会議声明(1950, 1967)の内容「戦争を目的とする科学の研究は行わない」の堅持を求める声が多数であるが、今年度の最重要課題の一つとして、委員会をつくり検討が進められている。なお、地球惑星科学関連の研究課題もすでに採択されており、われわれ自身の問題として慎重に考える必要性を強く訴えたい。また、日本地球惑星科学連合(JpGU)会員の意見を、地球惑星科学委員会委員(JGL, Vol.10, No.4, pp.8-10, 2014.に掲載)を通じて、お寄せいただきたい。なお、日本地球惑星科学連合2017年大会のユニオンセッションで、この問題を取り上げるべく検討が進められている。以下に、総会、第三部会、地球惑星科学委員会から出版された賛否両論のいくつかを紹介する。

(1) 世界科学会議(World Conference on Science)で採択された、「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」の「平和のための科学」理念に抵触する恐れがある。同会議は、1999年6月~7月にユネスコと国際科学会議(ICSU)が

共催したもので、宣言はブダペスト宣言として有名である(http://www.unesco.org/science/wcs/eng/declaration_e.htm)。また、自由な批判精神を尊ぶ大学の理念が侵食されたり、大学人のモラル・倫理的歯止めが効かなくなったりすることへの懸念がある。

- (2) 研究成果の公開性についての疑義。公募要項では積極的な公開性が謳われている一方、途中段階の発表には留保条件がついている。
- (3) 研究成果の「使われ方」に研究者はどこまで責任をもつべきなのか? 研究成果の知財権の帰属にかかわらず、防衛省及びその指定する者の実施権を認めることとなっており、研究者の意図に反した使われ方をしても契約上、異議申し立てはできない。
- (4) イノベーションにつながる研究促進の観点から歓迎する意見。現代を支える技術の多くは、採算を度外視する軍事応用からスタートし、技術の成熟後に民生応用に進んでいる。最初から量産が求められる民生事業のみを目指していたら、GPS、携帯電話、インターネット等の実現は相当に遅れていただろう。採算性を重んじる民生用以外の道からの研究開始に制限を課すことは、欧米との産業技術開発競争で不利に働く。
- (5) 放射性物質汚染等に対する対策などは高度な軍事技術にもあたりうるので、たとえ我が国が欲しても、決して他国から供与されないから、自前の研究が必要ではないか? 科学技術の発展で生じた新たな問題領域(サイバーセキュリティを突く国家安全保障など)には、最先端の科学的成果で対応するしかない。
- (6) マネーソースで線引きするのか、それとも研究目的で線引きするのか?

大型研究計画

地球惑星科学分野での大型研究計画の育成・推進のために、地球惑星科学委員会として毎年1回主催してきた大型研究計画シンポジウムは、連合2016年大会のユニオンセッションの場を活用して開催した。広いコミュニティからの建設的批判を受

けて計画を改善し、最終的に提案していくプロセスとして定着しつつある。今後さらに工夫を重ね、より良いシステムにしていきたいと考えている。

大型研究計画のうち、とくに緊急性・重要度の高い「重点大型研究」(全分野で30課題程度)の選考もすすめられ、H28年9月17~19日に候補となった64課題のヒアリングが行われた。ヒアリング対象課題や審査員等の情報はすでに学術会議のWEB上で公開されている(<http://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/ogata/>)。

電子ジャーナル購読費高騰の問題

学術雑誌の電子ジャーナル化により、私たちの研究上の利便性は大きく向上し、もはや、これなしでは研究を進めることは不可能である。その反面、購読費の高騰により、地球惑星科学系の大学・法人図書館から重要学術誌にオンラインアクセスができない組織が全体の1/3を占め、財政状況の悪化がそれに拍車をかけつつある(JGL, Vol.12, No.1, pp.6-7, 2016)。この憂慮すべき事態について、地球惑星科学委員会として学術会議に問題提起を行ったところ、他分野からも非常に大きな反響を呼び、学術会議として取り組むべき2課題の一つに設定された。関係省庁や総合科学技術・イノベーション会議等を巻き込んで、公開シンポジウムを開催するなどして、問題を社会一般に強く訴えかけることが検討されている。

次期の会員・連携会員の選考

24期(2017年10月~2020年9月)の会員・連携会員の選考が年内に始まる。具体的には、現会員・連携会員が候補者を推薦し、その中から、選考委員会が次期会員・連携会員を選出する。また、学術会議協力学術研究団体に認定されている学協会には、参考情報の提供をお願いすることになっている。地域的な偏りを小さくすることや、閣議決定に基づく女性比率30%目標、企業等からの選出にも配慮することとしている。

原 発事故時の緊急対応に関するシンポジウム

原発事故時の緊急対応に、放射性物質の移流・拡散予測を活用する可能性を技術面から検討するシンポジウムを2017年前半に開催する方向で、調整を進めている。これは、地球惑星科学委員会の提言（H26.9.30）

「これからの地球惑星科学と社会の関わり方について—東北地方太平洋沖地震・津波・放射性物質拡散問題からの教訓」のフォローアップの一貫でもある。

分 科会・小委員会等の活動

提言（案）「我が国の地球衛星観測のあり方について」が、地球・惑星圏分科

会 地球観測小委員会（佐藤薫小委員長）によって、取りまとめられつつある。また、人材育成分科会に地理・地学教育用語検討小委員会を設置し、教育現場に見られる用語の混乱に、JpGUと連携して対応することとした。

第10回国際地学オリンピック日本大会を終えて

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10回国際地学オリンピック日本大会が、8月20日から27日まで、三重県津市の三重大学を主会場として開催されました。26ヶ国・地域（オーストラリア、オーストリア、バングラデッシュ、ブラジル、カンボジア、台湾、チェコ、フランス、ドイツ、インド、インドネシア、イタリア、日本、カザフスタン、マラウィー、ノルウェー、中国、ポルトガル、韓国、ルーマニア、ロシア、スペイン、スリランカ、タイ、ウクライナ、アメリカ）から100人の選手と10名のゲスト生徒が参加しました。26ヶ国・地域は、過去最高だったイタリア大会と同じで、チェコと中国が初参加でした。当初は31ヶ国・地域の申し込みがありましたが、イスラエル、ノルウェー、ナイジェリアが参加を取りやめ、直前になってトルクメニスタンが参加を中止しました。日本チームは3月の日本代表最終選抜で選ばれた4名（高3が3名、高2が1名）とゲスト生徒5名（代表選抜に残った参加希望の3名と三重県代表2名で、全員高3）、メンター2名、オブザーバー5名の体制で臨みました。

20日に到着した各チームの宿泊場所は、生徒は鈴鹿のスポーツマンハウス、メンターたちはホテルグリーンパーク津でした。台風の影響で関西空港に予定の時間に到着しなかったバングラデッシュチームは準備していたバスの出発に間に合わず、急遽ジャンボタクシーをたてて、深夜に津市に到着するというハプニングもありました。

21日午前、三重大学の三翠ホールで開催された開会式には水落文部科学副大臣や鈴木三重県知事、平組織委員長、三重県の高校生実行委員会や白子高校吹奏楽部の協力のもと、盛大に行われました。日本地球惑星科学連合（JpGU）からは浜野理事が出席しました。

21日午後、生徒は伊賀上野の忍者博物館

を三重県生徒実行委員会とともに訪問し、忍者ショーを楽しみました。メンターは国際地学オリンピック作問委員会が作成した英語の筆記試験の内容を検討し、夜から各国語への翻訳が始まりました。22日には、生徒は伊勢神宮などの見学を、宇治山田商業高校の生徒の案内で行いました。メンターは、筆記試験の翻訳と同時に、三重大の先生方が作成した実技試験の検討・翻訳、事務局は筆記試験の印刷や各国ごとの仕分に追われました。23日には120分と90分の筆記試験が三重大にて行われました。JpGUの教育検討委員会教育課程小委員会の高校地学の先生方には、三重大の学生の協力で試験監督を行った後、採点にご協力いただきました。試験後は三重県総合博物館の見学を行いました。24日には三重大の先生方や学生の協力のもと、5種類の実技試験（2種類の地質野外、三重大での天文、エネルギー、気象）が行われました。午前中、三重大学会場では雨が若干降りましたが、地質の野外会場ではほとんど降らず、天候を心配していた関係者はホッとしました。メンターは、試験問題検討・翻訳の作業から解放され、午前中は伊勢神宮、午後は伊賀上野の忍者博物館見学を楽しみました。25日は三重県南部の熊野市での国際協力野外調査（ITFI：各国の生徒がバラバラのチームを作り、野外調査をする）が木本高校生徒の協力のもと行われ、メンターもその様子を見学しました。26日午前中は、生徒はITFIのまとめ。メンターは試験の点数調整。午後はITFIの発表。夜はさよならパーティーが行われ、各国の出し物で盛り上がりました。27日午前中の閉会式でメダルが授与され、すべての予定が終了しました。閉会式にはJpGUから川幡会長が出席しました。

日本チームの成績は金メダル3個、銀メダ

ル1個の過去最高の成績でした（写真）。メダル数から推定した順位は台湾（金4）につぐ2位でした。なお、3位は韓国（金2、銀2）、4位はスペイン（金1、銀1、銅1）でした。また、ゲスト生徒の成績も金メダル相当1名、銀メダル相当2名、銅メダル相当2名のとても優秀な成績でした。今年には日本開催だったので、生徒はリラックスして受験できた結果かと思われます。なお、金メダルを獲得した1名は今年の化学オリンピックでも金メダルを獲得した生徒でした。

9月5日に前川文部科学事務次官を表敬訪問し、メダルを受賞した全員が大臣表彰されました。事務次官との懇談では今後の希望する進路などが話題となりました。また、海外の高校生と触れ合えたことは貴重な体験だったと全員が述べていました。

3つの台風が同時に日本列島を襲う中、三重県では奇跡的に天候に恵まれ、日本大会組織委員会、地学オリンピック関係者、JpGU教育課程小委員会の先生方、三重大関係者、三重大学生、三重県教育委員会、三重県高校生など、皆さまのご協力のもと、無事日本大会を終了いたしました。また、ご協賛いただいた皆様にも厚く御礼申し上げます。

なお、来年はフランスのコート・ダジュール、2018年はタイ、2019年は韓国での開催が決まっております。



第13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実行委員会 副委員長 泉 貴久 (専修大学松戸高等学校)

8月16日～22日に北京で開催された今大会は、45か国・地域から172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試験に挑んだ。その結果、2名が銀メダルを、1名が銅メダルを獲得した。

とくに印象的だったのは、フィールド観察と意思決定の2種類からなるフィールドワーク試験である。この試験では、持続可能性と居住性の2つの視点から対象地域の地理的諸事象を、地図を用いて分析・解釈し、地域が抱える課題への解決、持続可能なまちづくりへの提案が求められた。いわば、「環境保全と生活の質の追求」という地理学に相応しい課題が投げかけられたといえる。

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、日本は「吉祥寺の自転車駐輪問題とその解決策」についてプレゼンテーションを行い、堂々3位に輝いた。主題図、模式図、グラフを用いて問題の解決策を、地域性を踏まえ明確に提案したことが高評価につながったようである。また、同大会では、文化交流やエキスカッションも実施され、4名の代表は他国・地域の参加者と積極的に交流し、互いに友情を深めていった。

大会終了日の翌日23日には、文部科学省を表敬訪問し、水落敏栄副大臣と面会した。副大臣からの労いの言葉を受け、代表1人1人が、大会参加についての感想を述べるとともに、次なる目標へ向けての意思表明を

行った。

次年度の大会は、2017年8月2日～8日にベオグラードで開催予定である。最後に、国内予選の実施から強化研修に至るまでご尽力された実行委員諸氏にこの場を借りて感謝の意を申し上げたい。(国際地理オリンピック日本委員会 HP <http://japan-igco.com/>)



JpGU, ORCID の登録機関に

情報システム委員会 委員長

小口 高 (東京大学)

副委員長

村山 泰啓 (情報通信研究機構)

副委員長

近藤 康久 (総合地球環境学研究所)

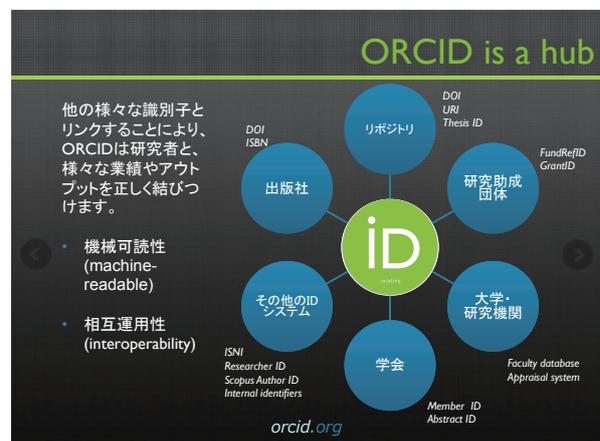
2016年より、日本地球惑星科学連合(JpGU)はORCIDの登録機関になりました。ORCID(オーキッド, Open Researcher and Contributor ID)は研究者の一意識別子で、16桁の数字(たとえば0000-0001-8340-6994)で表記されます。いふなれば研究者の国際的な背番号です。ORCIDは同名の非営利団体(<http://orcid.org>)によって運営されており、2016年9月現在、世界で250万人以上が登録しています。

ORCIDのIDは、国際ジャーナルの著者識別(名寄せ)や、学会や大学・研究機関の会員・研究者管理に使われています。JpGUに近いところでは、米国地球物理学連合(AGU)がジャーナルへの投稿者にORCIDの入力を求めるようになったほか、会員管理へのORCIDの導入も準備しています。AGUとは、2017年にジョイント大会を開催することとなり、会員システム間の連携が必要となりました。また、今後の学術情

報の国際流通に、ORCIDが重要な役割を果たすものと予想されます。そこでJpGUでは、国際化推進の一環として、国内諸学会に先駆けてORCIDを導入することとしました。

JpGUでは、会員向けソーシャルネットワークサービス「My JpGU」にORCIDとの連携機能を実装しており、マイプロフィールとORCIDデータベースの間で業績情報を双方向に同期するサービスを提供しています。情報システム委員会では、AGUとのジョイント大会に向けたORCIDによる会員情報の連携方法や、将来的なORCIDの活用方法についても検討を進めて

います。また、JpGUの会員管理に用いられている既存の会員番号とORCIDの番号との関係についても、今後検討していく予定です。





嶋本 利彦

京都大学名誉教授, 中国地震局地質研究所客員教授

専門分野 岩石力学・構造地質学

自然の声を聴く

このたび JpGU フェローに選んでいただき、大変感謝しています。私は今年でちょうど 40 年間、地震の発生機構の解明をめざして断層の力学の研究を続けてきた。断層の性質を決めるために、8 種類の変形試験機を製作した。中でも力を注いだのは、地震発生時の断層運動を再現する高速摩擦試験機である。私の長年の夢は、地震予知を可能にして多くの人命を救うことであった。しかし、研究が進むほど地震発生がいかに微妙で予知が困難であるかがわかるのみであった。私自身は、いつかは直前の予知ができると信じている。最近では、実験で決まった断層の性質を含めて地震発生サイクルを解くことが可能になってきた。断層と地震を融合した研究がやっと始まったと思っている。この機会に自分の歩んだ道を振り返ってみたい。

回り道

私は自分の研究分野を決める上で随分と回り道をした。広島大学の 3 年生のときに、原郁夫先生から褶曲内部の歪分布を理論的に説明してみないかと誘っていただいた。褶曲作用を解くために力学の勉強をしていると、学部卒業前後に Dieterich の有限要素法で褶曲作用を解いた論文がでた。驚いてこの方法を自習し、もう少し詳しい計算をして褶曲内部の歪分布の多様性を説明した。二番煎じの仕事だが、テクトニクスのモデル化に関心をいだくようになった。

学位を終えても研究職が得られそうになかったから、思い切ってテキサス A&M 大学の博士課程に応募して採用された。そこには、有効圧の研究で有名な Handin が率いる変形実験グループがあった。27 歳で大学院に入り直したのである。米国の大学では、大学院の講義が非常に重視されていて、私はそれまでの山賊流（自習して問題を解く）が恥ずかしかった。基礎をしっかりと固めて、その上で研究を始めることの大切さを知った。20 前後受けた講義の多くは材料力学と数学分野の大学院の講義であり、きちんと変形の問題が解ける準備をした。

そのようなときに、航空工学科の非線形有限要素法のプロジェクトに加えていただいた。私の仕事は、岩石の破壊前の膨張を含めた塑性構成則をプログラムに入れることであった。私はこの式が岩石にどうして成り立つのかを聞いたが、担当教授の答えはなかった。それで、この式が成立するかどうかを確かめてよいかと聞くと、太っ腹の教授は「やってみろ」と言って下さった。1 年間ほど塑性論の基礎論文を読み、岩石の破壊実験のデータに真剣に向き合って調べた結果、伝統的な塑性論では膨張の量が合わないことがわかった。

私はこの経験を通じて、岩石の性質を決めなければ力学の問題を解いても無意味ではないかと思うようになった。1976 年の秋、私は 29 歳になっていた。当時は研究の主流が破壊から摩擦に向かっていく時期だったので、私は Logan 教授について断層の摩擦実験を始めたのである。実験をやるなら、もっと別の講義をとっておくべきであったと思ったが、長い目でみれば貴重な勉強をしたと思う。私は断層ガウジの摩擦挙動についての学位論文を即席で仕上げ、31 歳で広島大学の助手にいただいた。

Listen to the voice of nature!

助手になって数年間、一生の研究で何をやるかを真剣に考えた。助手になって 2 年目には、またあの Dieterich がほぼ 10 年間の基礎研究を経て、断層の速度・状態構成則を提唱していた。また私は、塑性論の研究を通じて Rice と知り合いになった。後に高速摩擦の研究で大いに励ましていただいた方である。こんな人たちがどう競争すればいいのか、彼らになくて自分にあるものは何か？ たどりついた結論は、「自然に学べ」ということであった。私は広島大学で、合計 2 ヶ月余りではあったが、学生時代に秀敬先生から地質調査を徹底的に鍛えられていた。断層岩をみれば天然の断層帯の内部で何が起っているかわかる、それを実験で再現すればよいのだと思った。そう思って調べてみると、ほ

とんどのプロセスは実験で再現されていなかった。その頃に作った研究課題は私の中ではまだ全て終わっていないのだが、課題のひとつがシュドタキライトを作る実験から始まった高速摩擦の研究である。岩石が熔けるほど温度上昇があるときに、断層はどのような性質をもつのか？ この分野は大きく成長したが、まだ深部条件下での研究はこれからである。

幸運だったのは、研究分野の先端の状況ではなくて、自然を研究の指標としたことである。岩石は過去のできごとの痕跡を残してくれていて、「どうぞ私を読み取って下さいな」と語っているのだ。しかし、石が秘密を話してくれるわけではない。私にとって自然の声を聴くとは、岩石から示唆されるプロセスを実験で再現して比べることなのだ。違っていれば、「まだ違うわね」と優しい無言の返事が返ってくる。

遍歴と今後

私はその後、地震研に 9 年間、京大・理に 9 年間、広島大・理に 3 年間いて定年を迎え、北京にきて 7 年目になる。地震研では、自分のラボを作るという夢をかかえていただいた。京大には後進を育成するために、広島大には 10 台近くあった試験機を分散して 3 つのラボを立ち上げるために、北京には研究を続けるために異動した。それらの機関では熱意に満ちた若い人たちが巣立ってくれた。いずれの機関でも大勢の人たちに支えられ、感謝の言葉もない。

先日私は 70 歳になった。70 代は自分で実験をしようと思っていたので、昨年から実験を始めると新鮮である。これからは自己責任でやらねばならないと思って、「シマト地球・環境ラボ」を立ち上げた。研究に必要な試験機の概要設計をすること、実験をやった試験機を改良すること、新しいラボの立ち上げをバックアップすることが目標である。結果はともかく、燃え尽きたいと思っている。



富樫 茂子

産業技術総合研究所理事

専門分野 地球化学・火山岩石学

多様な個性に応じて挑戦できる科学へ

一粒の鉱物や、小さな岩石片から、138億年の宇宙の壮大な時空を自由に駆け巡り、地球環境の将来予測にも挑戦できる地球惑星科学に、多くの人との共同と支援のおかげで携わることができたことに心から感謝し、男女問わず多くの若者にこの醍醐味を知って欲しい。

「地球を知り、地球と共生する」を理念として、産総研地質調査総合センター（GSJ）の一員として研究を実施してきたが、私は研究者としてまだ途上にある。時流とは異なる視点で挑戦し、もがく私の様子を「切れない刀を振り回している」と評した友人がいた。様々な挑戦をしている人の励みには少しはなるのではないかと思っ、称号をいただくことにした。島弧マグマや月地殻に関する研究を、称号に恥じないものにするのが一つの課題である。

また、称号の理由には、男女共同参画への貢献があり、共に取り組んできた方々に深く感謝する。2015年のJpGUの女性会員比率は12%、女性学生会員の比率は26%である。後2倍にすればいいところまで来た。性別等の属性や経歴に関わらず、意欲と能力のある人が多様な個性に応じて挑戦できる社会に向けて、次の世代へのバトンにどれだけ貢献できるかがもう一つの課題である。

この点で、私がJpGUの活動に関わるようになったのは、2005年に前田佐和子氏らが開催した男女共同参画シンポジウムである。それまで、研究者はこんなにやりがいのある魅力的な職業なのに、なぜ女性が少ないのかと思っていたが、ジェンダーに関わる活動には距離をおいていた。この時、現状を客観的に認識でき、私は恵まれていたのだと知った。

私の場合、大学進学と就職活動の際に「ジェンダーギャップ」に直面したが、在学中も就職後も、幸い特にそのことを意識せずに研究活動ができていた。私が就職した40年前、GSJが属していた通産省工業技術院（現在は産総研）には、戦後採用された女性研究者が100人近く（5%）在職し、課長職も6名位いた。GSJの地球化学の分野でも、先輩に

大森えい氏、山田貞子氏、寺島美南子氏がいて心強かった。事務職も研究職も、出産育児しながら定年まで勤務できる環境があり、私も実に多くの方に世話になった。30年以上前から「M字カーブ」は存在していない。

問題は女性研究者の採用率である。私が就職した前後の10数年間、工業技術院全体で女性研究者の採用が年一人あるか否か、採用率0-2%という氷河期であった。当時の採用の主であった上級公務員試験で、女性の受験比率と採用比率は同じであり、受験比率が少ないことが原因であった。そこで、絶滅を危惧した先輩たちの力で女子学生の見学会を開催し、入所者を増やした。その後、男女機会均等法が追い風になり、採用率は7%くらいに増加した。産総研での公募採用は、最近では全体で20%近くにまで増加し、GSJはこれより多い。しかし、この比率は、産総研の研究分野における、現在の博士課程後期の女子院生の在籍比率にまで達しており、供給源となる理工系大学院に進む女子学生の増加が不可欠である。

地球惑星科学の分野はどうだったか。2000年頃までに私が知っていた所外の女性先輩は、主に地質や地球化学分野であるが、竹内貞子氏（斎藤報恩会自然博）、島正子氏・千葉とき子氏（科博）、宮地睦美氏（九大）、小椋和子氏（都立大）、田崎和江氏（金沢大）、根建洋子氏（鹿児島純心女子大）、石田瑞穂氏（防災科研）、猿橋勝子氏・土器屋由紀子氏（気象研）、矢吹貞代氏（理研）等で、すぐに数えることができた。JpGUの対象分野に拡げても、多くはなかった。

JpGUでは、2005年に運営委員会の吉田武義、日比谷紀之、事務局の谷上美穂子、白井佳代子等の各氏の強力なサポートのもと、前田佐和子氏を初代委員長として総務委員会に男女共同参画小委員会が立ち上がり、私も加わった。その後委員会に昇格し、委員長は中村正人氏、富樫茂子、小口千明氏と引き継がれ、原田尚美氏の時に、ダイバーシティ推進委員会に発展して現在に至る。2007年には、全国の理工系学会による「男女共同

参画学協会連絡会」事務局を引き受け、状況や意識が異なる学会の調整に苦労はあったが、日本全体の状況を知ることとなった。これらの活動において、坂野井和代、篠原育、高橋幸弘、坂野井健、三ヶ田均、中村匡、田口真、佐藤薫、荒井朋子、小川佳子、内藤陽子、久家慶子、木戸ゆかり、長妻努、中村卓司、西澤あずさ、紺屋恵子、堀利栄、田島文子の各氏をはじめ、ここに示しきれない程多くの人とのつながりで展開できた。

このような努力により改善されつつあるとはいえ、研究者の状況は、社会一般の現状を反映している。国連に指摘されるまでもなく、日本の現実は世界に恥ずべき状況である。雇用の状況や給与、働き方、育児休業取得、結婚後の姓、家事分担など、現在も統計的に著しいジェンダーギャップがある。これを埋めるために、仕組みと意識の両方のさらなる変革が必要だ。

典型的な例として「姓の選択」がある。私は一貫して旧姓を使用しているが、根本的な解決にはなっていない。職場では辞令も身分証明書も旧姓使用できる制度がある。一方、個人パスポートでは、括弧書きでの旧姓併記と旧姓での署名も認められるが、ICチップには戸籍名しか記録されない。公務では、日常は旧姓使用できても、いざ公文書への署名となると戸籍名が求められる。姓の変更をしないことを選択したい人に、公的存在を認めない現行法は人権無視も甚だしい。

ジェンダーのみならず、世代や出身国、障がい等によるギャップにも課題が残る。「そんな時代があったのか」と「男女共同参画」や「ダイバーシティ推進」に取り組まなくても良い状況を早く実現したい。

科学技術政策への提言や、それを實現する人的ネットワークとしての学会の役割は大きい。意欲と能力のある人が性別等の属性や経歴に関わらず、多様な個性に応じて挑戦できる社会になれば、科学はもっと発展し、人類の将来が見えてくる。地球惑星科学がその魅力をさらに高めて発展し、未来に貢献することを切に願う。



鳥海 光弘

海洋研究開発機構イノベーション本部研究推進担当役，東京大学名誉教授

専門分野 複雑地球科学，地球物理学，レオロジー，岩石学

地球惑星科学異聞

1999年僕は東京大学の柏キャンパスに新領域創成科学研究科なる，聞きなれない名前前の研究科に創設メンバーの一人として赴任した。その名前の発明者は蓮實重彦総長（当時）である。難解な言葉を操ることで高名な蓮見重彦総長が，東大が10学部を超えたディシプリンの研究科名称に，この新奇な新領域創成科学という世界のどこにもない科学の名称を冠した。そしてその中の専攻の一つに，これまた初めての複雑理工学専攻を創設した。東大理学部地球惑星科学専攻からは，松井孝典，小屋口剛博，鳥海が参加した。ここに数理の木村英紀，合原一幸らが参画し，物理，化学，情報学，などの非線形科学の異能が集結した。

地球科学や惑星科学，天文学，あるいは生命科学は，理学というより自然科学である。それは人間を含む自然過程を，人間の理解の範疇から理解しようとするものであり，予測し，あるいは制御することによって工学や人間学に連結するものであろう。自然は，様々な時空間スケールの過程が線形的，非線形的にも，そして階層的，履歴的にもからみ合った複雑過程であるに違いない。つまり地球の過程，惑星の過程，生命の発生と進化などは，それぞれ，現在の人間の理解の範疇内ではなく，分野を貫いた理解の有り様を持ち込まない限り，隘路を超えて理解が前進することは困難であるように思える。

従来から，物理的な理解は基本的に数理的であり，そして枚挙的な数理の世界における普遍的な要素こそが探し求める世界であるとされてきた。そしてその普遍性の理解には，溯源的普遍性と横断的普遍性があり，前者は物質や力の根源的要素，後者は，物質挙動の数理的超越性（一般性）という両面性があると蔵本由紀氏はいう。

こうした自然の普遍性を追求するという一般命題とは別に，それらの普遍性による予測性と安定性を利用して人間社会の発展を支える応用科学は重大な岐路に立っているように思える。地球科学や生命科学は，その範疇の学問に踏み込んで見えるように見える。そ

れは，例えば巨大地震や巨大火山噴火がどのようにして起こるか，あるいは巨大台風や極端豪雨などはどのようにして発生するか。がんや認知症などはどのようにして防げるか，あるいは治療できるか。これらは普遍を求める理学という範疇とは明らかに異なる方向性のテーマであろう。そして1950年代からすでに60年以上にわたって非常に多数の研究者が心血を注いできたテーマである。

なぜこうした問題がうまく理解できないか。多くの人は自然過程が極めて多数の要素の複雑に絡み合った現象であるためと考えている。そこにはさらに一つの基本的な困難がある。自然現象や物質，あるいはエネルギー，そして情報から，それらの間の普遍性を導き出すことは可能であったが，普遍性から逆に個別性への適用がうまくできないことである。このことは普遍性の探求ということが，個別事象の超越性がどこにあるかということを探ることにあり，自然的に起こる事態が超越性の外側にある過程によって特徴付けられるために起こる隘路である。通常の考え方では，それを逆問題ということであろう。

無論，こうした逆問題としての個別性への適用も一つの普遍性の意義であることは確かなことであろう。しかし，本来自然過程の持つ多様な要素や履歴，階層的振る舞い，時間発展などを総合的に取り込めるわけではなく，むしろその時刻的過程を複合モデルに最適化させた個別性でしかないように思える。

何が不足しているのであろうか。一見して明らかなのは，自然過程を普遍化に伴う単純化によって多数の要素過程を排除するか，揺らぎとして繰り込むことにある。排除された要素，あるいは別の階層にある事象からの影響が必然的に，あるいは揺らぎとして介在するときには，逆問題としてもモデルから逸脱することになる。

ところが前世紀中頃からの諸学問の進展は著しく，即時観測や測定データ，分析データ，そしてシミュレーションデータが極めて多義に渡り，かつそれらの時空間データが膨大に蓄積されるようになった。そして今や情

報爆発が起こっている。つまり加速度的に情報が増大している。この問題は2000年に初めて大きく取り上げられた。一方，膨大な量の情報が集積すると，それを処理し，逆問題の入力情報とするにも計算機的能力に大きく依存することになる。幸いなことに，計算機の処理能力やメモリ量も，時間とともに指数関数的に増大し，膨大な情報量にも対応できるようになった。このため，ついにはそれらのすべてを記憶しつつ，それらの2次あるいはより高次のモーメント量やそれらのアンサンブルを短時間で処理することが可能となってきた。そして，ニューラルネットなどのような高度に非線形基底関数を用いた，一般関係性のユニーク表現を逆問題として求めることが可能となったのである。これは今では深層学習と呼ばれている。

膨大な即時観測データや巨大なシミュレーションデータはそのままでは物理が見えてこない。そのため，観測データのみならずシミュレーションデータすらも，その中に潜む特徴量を抽出し見かけ上，高次元表現された物理過程を，低次元の非線形力学系へと次元圧縮した世界で見通すことは，自然過程を理解し，人間社会に利するためには大変に有効である。このような自然過程の研究は，現在ではデータドリブンサイエンスあるいは単にデータサイエンスと呼んでいる。

はじめに長々と述べてきた柏キャンパスでの広い範囲の理学や工学，その他の実学や文系の諸学すら包含するような新領域創成科学あるいは複雑理工学と呼んだ学領域は，どうやら，寄せ集めの方法と対象をはめ絵のように組み合わせということではなく，膨大な高次元の情報をベースにした，物理的な自然過程をデータサイエンスから眺める学術分野への期待ということを意味していたと捉えることができると思っている。

鳥海光弘
2016年梅雨



藤原 顕

関西大学非常勤講師，宇宙科学研究所元教授

専門分野 小天体の科学，惑星科学

京大物理教室にいたころ

今回の受賞を光栄に思いますが、私のように学会とは縁のなくなった人間が今さら賞を受けて意味があるかしらというのも正直な思いです。以下の文ですが、なにか気の利いた提言をとも思いましたが、それより昔話を記録しておいたほうが興味をもって読んでいただけるかと思い、この場を借りて京大時代のことを書いておくことにします。

私が京大大学院の物理に入ったのが昭和42年(1967)、宇宙研に移動したのが平成4年(1992)ですから、25年間京大で研究生生活を送ったことになります。物理は第1教室(物性)と第2教室(核物理)に分かれていて、第2教室は湯川先生の伝統を継ぐ素粒子、核、天体核(林忠二郎先生の)の理論系と、高エネルギー物理、核、そして私が入った宇宙線などの実験系の研究室がありました。教室は非常にリベラルな雰囲気、院生も人事に関わっていたぐらいです(これがよいかどうかは別)。当時、修士1年15名くらいは「タコ部屋」とよばれる1室に押し込まれ機が与えられました。そして「ジェネラルエデュケーション」と称して、できるだけ広く物理の基礎を勉強させるといふ教室の方針でした。宇宙線研究室は長谷川博一教授が学習院大学から着任されて始まったばかりでした。先生はもともと湯川研出身の理論家ですが、いろいろと興味が広い方でした。当時、「物理帝国主義」といわれ、宇宙、生物といろいろの分野に物理学者が進出していった時代です。先生は学習院大学で、X線天文を始めた小田稔先生らと屋久杉の年輪中の¹⁴Cを定量することにより宇宙線の永年変化を調べられた方でした。京都へ来られて、さらに長期間の永年変化を調べるために、深海底の堆積物中の層ごとの⁵⁹Ni(半減期7.6万年)の定量を始めました。この核種の定量のために低レベルの放射線計測設備が用意されました(今なら加速器質量分析ですが)。私は、直接これに関わったわけではなく、深海底堆積物試料の入手のために、海洋研の白鳳丸に1か月の太平洋の遠洋航海に参加した程度です。また京都市内の蹴上(け

あげ)にある京大化学研究所のサイクロトロンを使って、この反応の断面積を決める実験も研究室メンバー総動員で行われました。⁵⁹Ni研究は華々しい結果というほどではなかったけれども、一応の国際学会報告がなされました。そうこうしているうちに、今度は⁵⁹Niを担う宇宙塵が惑星空間内でどのように運動するかということが問題になり、教授を含めて勉強会を始めました。長谷川先生が来られて次の年にオランダから帰られたばかりの奥田治之先生が助教授で着任され赤外線天文学が始まりました。名古屋でも赤外線天文学がほぼ同時期に始まりました。このころ宇宙線研究者がいろいろの新しい分野に進出していった時代です。赤外線天文学で重要な研究対象の一つとなるのが宇宙塵です。このようなこともあって惑星間、星間、星周宇宙塵というのが研究室の重要なテーマになりました。教室では教室発表会というのが毎年開催され、そこで年次成果発表表をしていましたが、他の研究室からは、つまらないことをやっていると思われたことでしょう。さて勉強会と並行して惑星間塵を地球外に出て直接計測してはという話になりました。当時、海外で、ロケットに衝突してくる塵の測定をしたという報告が出ました。それなら、ということでわれわれも始めかけた矢先、過去の計測は温度変化による測定器ノイズだったという報告が出ました。今から考えれば、惑星間ダストは希薄で、とても短い飛翔時間でカウントできるはずはないのです。かといってまだ日本の人工衛星を使って計測ができるような状況ではありませんでした(日本初の人工衛星「おおすみ」の成功が1970年)。でもいずれは、日本も人工衛星で計測できるようになると考えて、それなりに準備をしていこうということになりました。教授が、海外には測定器の地上較正のために宇宙速度でミクロンサイズの固体微粒子を飛ばすダスト加速器というものがあるらしいということを聞いてきて、小型機の試作ということになりました。教室にあった古いコックロフト加速器の加速管や真空系を利用し

て始めましたが、廃品利用は労多くして成果が出ないことを学びました。旋盤による金属加工や、今のようにICのない時代でトランジスターによる回路製作をさんざんやりました。このときの反省をもとに、後に宇宙研に移ってから再度小型機を自作し、これが多くの人たちに引き継がれて東大のバンデグラーフ装置で加速されることとなりました。いろいろと試行錯誤を試みる中、論文も出ず、博士課程も終わり、当たり前のようにオーバードクターとなりました。この間に高速衝突現象への興味と知識を溜め込むこととなりました。しかしそれを実験するための手段もなく不満が溜まっていたとき、偶然、新聞で京大工学部航空工学科の神元五郎教授のところまでパリスチックレンジ(2段式軽ガス銃)を開発したとの記事を読みました。見学に訪問したところ、これを使って実験したらと、学部間の壁もなく、心よく歓迎してくださいました。ここで岩塊への破壊実験を行い、天体核グループでの太陽系の起源研究なども追い風となり、その後、自前の装置が入るとともに、これらの応用として小惑星や太陽系小天体の衝突破壊による進化を考えることになり、さらに宇宙探査、その先の「はやぶさ」まで繋がることとなりました。25年のうち、オーバードクター10年の間にその後の方向が決まったこととなります。振り返って見ると、試行錯誤しながら随分回り道をして小惑星や探査の道に入っていたこととなります。しかし、今から思うと京大の物理教室にいて、無駄も多かったけれど、いろいろな分野に目を向けられたことで、得られた視点も多かったと思います。それとともに、異分野のいろいろな研究者との出会いが決定的な方向を与えてくれました。現在は「職業研究者」としての現役時代の研究テーマからは完全に離れて、しがらみもなく新しいことを自由に模索しながら再度試行錯誤を楽しんでいます。



町田 洋

東京都立大学名誉教授

専門分野 第四紀学

思い出の貝塚爽平先生、新井房夫先生

誰も独自の研究成果を挙げていく上で、多くの先達の導きを受けている。私の場合とくに忘れたい方を挙げれば、貝塚爽平さんと新井房夫さんである。このたび図らずもJpGUのフェローに推薦して頂いた機会に、JpGUの発展にも寄与されたお二人の功績の一部を紹介することで私の挨拶にしたい。お二人とも私より7年の先達で、戦中戦後の困難な時期に大学を卒業され、その後長く日本の地形・地質研究を指導された。ご存命ならば、間違いなく多大な業績・貢献に多くの賞や賛辞が捧げられたに違いない。

貝塚さんが東京大学大学院から東京都立大学理学部に赴任されたのは1950年であった。その頃日本の地質学は大きく変替する時期を迎えていた。当時、独自の殻に閉じこもっていた研究者が多かったのに対し、貝塚さんは周辺諸科学の研究を取り入れ共同研究を進めるスタイルを率先された。主題は発達史を中心とする地形の成因論である。1964年ごろまでの主フィールドになった関東平野は、日本列島の中でも第四紀の地形・地質がよく発達し、編年材料になる豊富なテフラを鍵に海面変動と地殻変動の編年研究に絶好の地域で、しかも人類遺跡も多い。貝塚さんはここで折り畳み自転車を駆使して露頭を巡り第四紀後半の地形発達史をまとめた。並行して国際的テフロクロノロジー研究で幹事として活動された。

その後、地形の成因を意識して地殻変動研究に主軸を移した。その頃日本に大きな影響を与えたプレートテクトニクスの考えを適用し、貝塚さんはプレート運動により日本全域の地殻変動を理解する研究のリーダーの一人として、第四紀後半に活動し、将来も変動する危険性をもつ活断層研究の旗振り役をなさることになる。社会の要請もあってカタログ「日本の活断層」を多数の研究者とともにまとめ上げた。一方で世界各地（とくに中国、南米チリ）へも、大地震を招いた活断層研究に向かわれることになる。

現在の地表環境は第四紀という最新の地質時代に形成されて激しく変遷してきたの

で、地形、地質、土壌や生態系、人類・考古、そしてその中で芽生え発展してきた人類社会相互の結び付きは大きい。○○学の枠に閉じこもっていたのでは理解は進まない。こうした考えの下で貝塚さんは周辺諸科学の成果、手法を駆使して、活動されたのである。

一方国際第四紀学連合と連携を図り、将来の日本への大会招致を見据え、それまでの第四紀学諸分野の研究を第四紀地図にまとめられた。多数の人と協力し100万分の1地形図に第四紀の諸現象を時代別に示したこの成果は、きめ細かさからいって先進地域の第四紀地図のレベルを越すもので、1987年に日本第四紀学会30周年記念として出版された。その後国際大会の度に日本の研究を紹介する成果として展示されている。

貝塚さんの主題であった発達史的な地形の研究は、1992年から準備が始まった「日本の地形」全7巻出版（2000～2006）に象徴される。この仕事も共同研究者とともに長時間かけて進めたもので、貝塚さんが関連分野を含め次世代の研究者へ引き継いで貰いたいという遺志の結晶であった。また定年記念として「世界の地形」も執筆・編集された。そして病床にありながら執筆なされた出版物は、ご本人が完結を意図された「発達史地形学」（1988）であった。まことに見事な研究者人生であった。

貝塚さんの多彩な研究を貫く点は、現代科学から無視される傾向にある自然史研究の重要性を強調し、普遍性のみを追求するのではなく、個別性・歴史性も科学の重要な対象だという信念である。また社会への普及を図る執筆活動も活発にされた。余人が及ばない達筆な随筆とそれを際立たせたアイデアあふれるイラストやスケッチが人柄を忍ばせる。複雑な第四紀数百万年の自然諸現象と人類社会の変遷とを漫画的に描かれたのも、総合の重要性を示したものである。こうした多方面の活動は、貝塚さんの卓抜した識見と強い意志に支えられていた。いつも大勢の研究者仲間のおおられて、しかも柔軟に一同を引っ張って行かれたのは、

貝塚さんの人徳の高さを示している。

もう一人の先達、新井さんは、貝塚さんとは一味違った存在であった。新井さんは、1949年東京文理大学卒業後、群馬大学で長く地質学、第四紀学を中心とする地球科学分野の研究、教育に当たられた。当初の研究は関東山地の古期の地層・岩石であったが、50年代後半に旧石器時代の幕を開いた北関東の関東ローム研究に力点を移され、この地域の地形地質研究をまとめ、かつ考古・人類学研究に対して地学的な基盤を示した。

やがて1960年代後半から、関東での御岳第1テフラなどの認定問題に刺激され、テフラの同定に鉱物レベルの特性記載が役立つことを提唱された。火山ガラスの屈折率は個々のテフラに固有なものとして、すでにアメリカなどでも記載されていたが、精密測定に手間と時間がかかること、その割には似た値しか得られなかったことなどからやがて敬遠され、代わってEPMAなどによる化学組成の研究が主流をなすようになった。これに対して新井さんは温度一定の測定環境を町工場的に工夫した実験室に作り上げ、火山ガラスのみでなく斜方輝石や角閃石などの鉱物の最大屈折率を簡便に測定できる方法を考案された。そしてそれぞれの値や組み合わせが各テフラに固有であること、したがってテフラの同定に役立つことを明確にした。その結果、この方法と他の特性（層位、鉱物組み合わせ、晶癖など）を加えた基礎資料は、私を含めて多くの研究者に信頼され、日本全域の第四紀テフラ同定の重要な要素となった。第四紀層位学、火山学、考古学などの広領域で使われているのは周知のとおりである。

新井さんは「自分を実験・分析という特定分野の職人芸で生きる」といわれていた。それを最期まで徹底された。この点では貝塚さんとは一味違うが、お二人ともマイウエイを貫かれ次世代に貴重な財産を残された先達である。一般に研究者にも高分解能の分析にたける人、総合や展望に優れた人、といろいろある。それぞれ持ち味を徹底的に生かすことで、将来が開けるのである。



三雲 健

京都大学名誉教授

専門分野 地震学, 固体地球物理学

巨大地震と長周期気圧波

この度は日本地球惑星科学連合のフェローに推挙して頂き、関係の皆様にも厚く御礼申し上げます。私は大学へ入って以来、大地震発生現象や地球の内部に興味を持ち、何とかこれらの問題の解明に少しでも貢献できないかという試みをしてきました。挑戦した初期の課題には、深発地震や浅い地震の発生機構、地球内部のQ分布、地殻構造、地球潮汐、その後の課題としては、地震テクトニクスや断層の動的破壊過程などがありますが、ここでは別の課題に少し触れたいと思います。

1962年から1964年まで、アメリカのカリフォルニア工科大学とカリフォルニア大学バークレイに留学していました。この間の1964年3月28日、アメリカ・ワシントン州シアトルで開催されたアメリカ地震学会へ出席のため現地に滞在中、後に20世紀最大といわれたアラスカ大地震(Mw9.2)が夕方に発生し、それから間もなく3m近い津波がシアトル沖合へも襲来したとのこと。数日後バークレイの地震観測所へ戻って間もなく、当時のBruce Bolt教授がバークレイの地震観測坑の中に設置してある微気圧計に、この大地震の後3時間くらいして、異常に長い周期の大きい波が記録されているので、これを少し詳しく調べてみないかと言いました。そしてこの波は震源付近で地面が急に隆起したために発生したのだと主張します。私は初め到底信じられなかったのですが、とにかく調べてみることを約束しました。この後暫くして、これより南のカリフォルニア州サンディエゴでも、バークレイと同様な振幅約4 Paで周期14分位の長周期の気圧波が記録されていることが分かり、しかも約3,800 km離れたこの両地点間のみかけの位相速度は314 m/s位と分かったので、これはいよいよ本物らしいということになりました。このような長周期の気圧波は、1883年のKrakatoa火山の噴火や1908年のシベリアへの隕石の落下の際にも観測されていますが、巨大地震に関連してこのような長周期の波が観測されたのはまさに初めてのことでした。

帰国後に早速、それまで気圧波の観測で知られた京大地球物理教室の山元龍三郎教授を訊ね、多くの過去の論文を教えて頂き、必死になって私には未知の分野の勉強をしましたが、度々山元先生を訪ねては懇切丁寧に指導して頂きました。ようやく分かりかけて辿り着いたのは大気の大気温度構造の問題で、当時の空中核爆発の際に気圧計で観測された波形を説明するために考えられたものでした。この温度構造は地表から高度220 kmまでを約40層の水平等温成層に分割し、各層の境界面で変位と応力の連続性を考慮して、この中の点源から発生するいくつかの重力波モードと音波モードが伝播する位相速度と、その際の大気のレスポンスを求めたPress & Harkrider (1962)とHarkrider (1964)によるものでした。しかし今回の問題は、気圧波が空中の点源ではなく、地面の広大な震源域からある時間をかけて発生したらしいことで、発生の状況が全く異なることでした。このアラスカ大地震の震源域では、暫く後にUSGSアメリカ地質調査所とUSCGSアメリカ沿岸測地局が地面の隆起と沈降の状況を詳細に調査し、アラスカ湾北部では長さ800 km、幅150 kmの地域で平均1.0-1.5 m沈降し、湾の東岸のある地域では平均5 m、最大で10 mも隆起していたことが明らかになりました。そこで上の理論を拡張し、この広大な震源域を4地域に分け、それぞれの地域内の地面の平均隆起量と沈降量およびここでの地殻上下変動の立ち上がり時間をいろいろな場合を考えて、発生するはずの重力波と音波モードを面積分して合成し、観測された波形との比較を試みました。この結果、観測された異常な長周期波が、この巨大地震に伴って3分以内に生じた震源域の地殻変動によって発生したと考えればほぼ説明できることが分かりました。これによって、気圧波だけでなく地殻変動の研究にもつながることになりました。

停年後のメキシコ滞在中、2004年12月26日には世界最長の断層と言われたSumatra-Andaman地震(Mw9.2)が発生し、この際に

生じた大規模な津波でインドネシアなどの沿岸各地に甚大な被害を生じました。さらにこの時に発生した長周期の気圧波がインド洋内のみならずアフリカ東岸や太平洋のPalauのほか日本国内の4観測点でも観測されました。このような長周期の気圧波の伝播は先の1964年のAlaska地震の後長らく忘れられていましたが、さらに2011年に発生した東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)の際にも観測され、日本国内と近隣の4観測点と震央距離6,700 kmの範囲内にあるInternational Monitoring System (IMS)の8観測点で見事な気圧波の観測データが得られていました。帰国後早速、先の場合と同様な解析をした結果、この地震の際に広い震源域内で海底の上下地殻変動を発生させた時間は3-4分と推定されました。そしてこの気圧波は東北沖の震源域から発生した津波より約2.6時間も早くハワイ島へ到達したことも明らかになり、気圧波の伝播が津波予報にも利用できる可能性を示しました。

最近ではこのような分野の研究は、大気、海洋、固体地球を別々に扱うのではなく、一体の系として、normal-mode theoryによって取り扱う方法も採られるようになって来つつあります(例えばWatada & Kanamori, 2010)。さらに巨大地震や火山大爆発から発生した気圧波は、これらの上空の電離層内部でTEC (total electronic content)の擾乱を惹き起こすことや、さらにこれがこの内部を水平に伝播するTIDs (traveling ionospheric disturbance)の研究にまで発展してきています。今後のこの分野のさらなる研究の進展を期待しているところです。



向井 利典

宇宙航空研究開発機構名誉教授

専門分野 磁気圏物理学, 宇宙空間物理学

宇宙観測の装置開発について

この度、日本地球惑星科学連合フェローに選出され、大変光栄に思います。私が長年やってきたことは宇宙プラズマ粒子観測装置の開発であり、観測ロケットや科学衛星・探査機に搭載して得られた科学成果と併せて受賞理由になっていますが、それは外国人を含む多くの方々がデータを使ってくれた御蔭であり、改めて感謝します。同時に、私の受賞が地道な装置開発という仕事に労力と時間を費やしている若い人達の励みになれば有難く思います。

最近の Geophysical Research Letters で毎号 NASA の MMS (Magnetospheric Multi-Scale) ミッションの成果に関する論文が続出しているのを見ると、やはり新しい観測データが出てくるとその分野が活気づくを感じます。宇宙プラズマ物理学においてブレークスルーを出すためには、キーとなる領域に人工衛星を送り込み、キーとなる新しい観測を行う必要があります。MMS ミッションの場合、磁気リコネクションのミクロな(電子スケールの)物理過程の解明のため、4機の編隊飛行衛星上で電子 30 msec, イオン 150 msec という超高時間分解能のプラズマ粒子観測を達成しています。筆者もこのミッションの計画段階から誘いを受けて関わってききましたが、実際には斎藤義文さんが頑張って担当のイオン分析器を完成させてくれました。そのお蔭で日本の若手が筆頭著者の論文も出ており、私としても嬉しい限りです。

MMS 計画で米国の研究者から誘いを受けたのは「あけぼの」や GEOTAIL 衛星の低エネルギー粒子観測で成果を挙げたことが端緒です。特に GEOTAIL は西田篤弘先生の強力なリーダーシップにより実現し、1990年代の磁気圏物理学分野で最も成功したミッションと言われていますが、磁気圏尾部における磁気リコネクションのミクロな物理過程(但し、イオンスケール)の研究に初めて踏み込んだのは当初の想定を上回る成果でした。それはプラズマ粒子観測と計算機シミュレーションのタイアップが可能になり、理論屋がデータ解析に参加してくれたからで

す。その流れが MMS にも引き継がれています。観測面ではイオン観測の感度を当時最新の米国衛星による同種の観測の 30 倍に上げたことが結果的に功を奏したのですが、感度を上げれば、検出器の寿命を短くするというのが当時ふつうに考えられていたことでした。日米共同ミッションの GEOTAIL にはプラズマ粒子観測装置が日米双方から 1 セットずつ搭載されており、米国側のもは従来と同じような感度のものでしたが、私としては、命短くともブレークスルーを出すことが重要と必死の思いで何とかしようと考えていました。その頃、「すいせい」によるハレー彗星探査が縁となり、ヨーロッパを頻りに訪れていましたが、マックスプランク研究所の Rosenbauer 博士は私の考えに賛同し、HELIOS-1 衛星に搭載された検出器の経年変化のデータを見せながら寿命は心配ないと太鼓判を押してくれたことを今でも鮮明に覚えています。実際、20 年以上経った今でも有用なデータを出しており、MMS との共同研究に役立っているのは我ながら驚きです。

一口に新たな観測技術と言っても、装置開発というのはそう易しいものではありません。石の上にも 3 年という喩えがありますが、実験室で原理的な基礎実験から始める場合、飛行体搭載用の装置設計に入る前に 3 年程度の月日が必要です。私が四十数年前に低エネルギー電子分析器の開発を始めた場合がそうでしたが、あまり安易に基礎実験が終わるよりも、逆に様々な課題を発見し、克服した経験が後で役に立ちます。実験室レベルでうまくいくようになって、衛星や探査機の搭載機器の開発途上では様々な問題が発生するのが普通で、その間、科学的な成果がなく、論文も出せない時期が続きます。その苦難を乗り越えて打ち上げに漕ぎ着けるには、当事者の「新しいデータを見たい」という意思の強さは当然として、周辺の温情なしには成立しません。そのような意味で私は幸運でしたが、これからも装置開発に携わっている人達の苦勞を温かい目で見てやっていただきたいものです。と言っても、当事者は

それに甘んじないように心すべきですが、

ミッションが成功するには、事務管理業務やメーカー技術者を含む多くの人達の一致団結した協力が必須です。宇宙空間のキーとなる領域に衛星/探査機を送り込むのはロケットや探査機工学の仕事、過去にない新しい観測装置の開発は理学側の仕事ですが、システム工学を含む総合的な工学と理学のマッチングがあってこそ、ブレークスルーが作れるのです。これはいわゆるプロジェクト作業としてそれぞれの役割と責任分担を決めて遂行するのは当然ですが、理学側は新しい観測装置を開発したから、後はデータが取れるようにしてね、という訳にはいきません。プロジェクトは「人」です。プロジェクトを成功させるためには、仕事に応じた適材を如何にして集めるか、その人達が能力を発揮できるような組織作り、マネジメントが重要です。私自身、プロジェクト経験を通じて成長してきたと思っていますが、人は信頼されることによって能力を発揮し、その結果として成長するものです。こじつけかもしれませんが、マネジメントとは man を age させるという意味ではないかと思っています。少し話が精神論のようになってしまいましたが、ミッションを成功させるためには、理学側の人といえどもシステム工学の方法とプロジェクトマネジメントの知識が必要ということを感じていただけたでしょうか。

以上、今まで全てうまくいったような印象を抱かれたかもしれませんが、同時に、様々な失敗もありました。最大の失敗はやはり GEOTAIL です。私の担当したプラズマ観測装置が打ち上げの 1 ヶ月後に高圧放電が原因でラッチアップを起こしたのです。幸いに、日陰で衛星電源を切り離すという非常オペレーションによって回復したのですが、NASA の Acuna 博士(故人)を含む多くの人達との信頼関係と協力がなければ、ありえない作業でした。プロジェクトの成否はやはり人間関係ということを実感しました。

INFORMATION

公 募情報

①職種②分野③着任時期④応募締切⑤ URL

東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻

①特任助教または特任研究員（特定有期雇用教職員）②低速変形から高速すべりまでの地震発生プロセスの解明 ③できるだけ早い時期 ④ H28.11.28 ⑤ <http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/recruit/?id=745>

静岡大学 理学部 地球科学科

①助教 ②地球科学 ③ H29.04.01 以降のできるだけ早い時期 ④ H28.11.30 ⑤ http://www.shizuoka.ac.jp/recruit/2016/20160926_sci_staff.html

東北大学 大学院理学研究科 地球科学専攻

①助教 ②有機地球化学（地質試料に対して安定同位体測定ができる方）③ H29.01.01 以降のできるだけ早い時期 ④ H28.11.30 ⑤ <http://www.sci.tohoku.ac.jp/recruit/post-130.html>

東京大学 地震研究所

①特任研究員 ②地震火山大規模データの処理 ③採用決定後の出来るだけ早い時期 ④ H28.11.30 ⑤ <http://www.u-tokyo.ac.jp/content/400045311.pdf>

高知大学 海洋コア総合研究センター

①教授又は准教授 ②地球掘削科学（地球科学諸分野・関連分野を含む）③ H29.04.01 ④ H28.11.30 ⑤ http://www.kochi-u.ac.jp/_files/00090049/160930core_yoko.pdf

九州大学 応用力学研究所 高温プラズマ物理学研究センター

①准教授 ②プラズマ加熱・電流駆動法、先進計測の開発など ③決定後なるべく早い時期 ④ H28.12.16 ⑤ http://www.riam.kyushu-u.ac.jp/publicity/jobs/koubo_20160928.pdf

九州大学 応用力学研究所 気候変動科学分野

①研究員 ②数値モデルを用いたエアロゾルの気候に対する影響の定量的評価に関する研究 ③採用決定後できるだけ早い時期 ④適任者が見つかり次第締め切り ⑤ http://www.riam.kyushu-u.ac.jp/climate/researcher_RIAM_CL_1609a.pdf

九州大学 応用力学研究所 気候変動科学分野

①研究員 ②エアロゾル予測システムの精度向上を目的とした衛星データを用いた同化手法の開発に関する研究 ③採用決定後できるだけ早い時期 ④適任者が見つかり次第締め切り ⑤ http://www.riam.kyushu-u.ac.jp/climate/researcher_RIAM_CL_1609b.pdf

イベント情報

詳細は各 URL をご参照下さい。

■第7回極域科学シンポジウム

日時：2016年11月29日(火)～

12月2日(金)

場所：国立極地研究所および統計数理研究所、国立国語研究所

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

URL：<http://www.nipr.ac.jp/symposium2016/>

■第30回大気圏シンポジウム

日時：2016年12月5日(月)・6日(火)

場所：宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所・新A棟2階A会議室

主催：宇宙科学研究所

内容：対流圏・中層大気から熱圏・電離圏まで、地球及び他の惑星の大気に関する研究発表

URL：http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2016/1205_taikiken_boshu.shtml

■第32回宇宙構造・材料シンポジウム

日時：2016年12月9日(金)

場所：宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所・本館2階大会議場

主催：宇宙科学研究所

内容：宇宙構造物および宇宙用材料に関する分野の研究・開発について講演

URL：http://www.isas.jaxa.jp/j/researchers/symp/2016/1209_kozo_boshu.shtml

■AGU Fall Meeting

日時：2016年12月12日(月)～16日(金)

場所：Moscone Center, San Francisco

主催：American Geophysical Union

URL：<http://fallmeeting.agu.org/2016/>

※ JpGU が出展 (#329) しますのでぜひお立ち寄りください！

公募及びイベント情報の掲載は本号を持って終了させていただきます。今後は、最新情報をウェブ (<http://www.jpgu.org/>) またはメールニュースでご確認ください。また、公募及びイベントの情報については引き続き JpGU 事務局までお寄せください。

nature astronomy

a natureresearch journal

2017年1月創刊!

投稿論文募集

Nature Astronomy では、天文学、宇宙物理学、惑星科学の最先端の重要な研究論文に加えて、天文学コミュニティのさまざまな研究者が関心を寄せる多様な話題を取り上げる総説、Perspectives、Comment and Opinion、News & Views、Research Highlights も掲載することにより主要な天文学関係領域を代表し、各領域間の緊密な相互作用を促す学際的なジャーナルを目指しています。

nature.asia/natastron

SPRINGER NATURE

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.jpгу.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@jpгу.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.jpгу.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。

第 2 回

地球惑星科学振興西田賞 推薦募集中

西暦偶数年度に 10 名の方に
西田賞(賞状および副賞 50 万円)を贈り、その業績を称えます。
2016 年 4 月 1 日時点で 45 歳未満の方(国籍、JpGU 会員を問わず)
会員の推薦、もしくは自薦をお待ちしています。

推薦締切 2016 年 12 月 15 日(木)

詳しくは <http://www.jpгу.org/news/2016nishida-prize.html>

2017 年度

公益社団法人日本地球惑星科学連合フェロー 推薦募集中

地球惑星科学において顕著な功績を挙げた方、あるいは日本の地球惑星科学の発展に卓越した貢献をはかった方(国籍、JPGU 会員を問わず)をフェローとして称えます。

推薦締切 2016 年 12 月 31 日(土)

詳しくは <http://www.jpгу.org/news/fellowship/fellow2017program.html>