

## 研究会・学会スケジュール

### 第19回名古屋大学理学懇話会

「多くなると何かが変わる—多数の電子の多様な機能—」

開催日：2010年6月26日(土)  
開催場所：名古屋大学野依記念学術交流館カンファレンスホール  
主催：名古屋大学理学部・大学院理学研究科広報委員会  
講演者：寺崎一郎 理学研究科 教授  
紺谷 浩 理学研究科 准教授  
問い合わせ：名古屋大学理学部庶務掛  
kouhou@sci.nagoya-u.ac.jp / 052-789-2394  
http://www.sci.nagoya-u.ac.jp/kouhou/  
※懇話会終了後、「高校生のためのサイエンスカフェ in 名大」を開催。

### 第10回名古屋国際数学コンファレンス 代数群と量子群の表現論 '10 Representation Theory of Algebraic Groups and Quantum Groups '10

開催日：2010年8月2日(月)～6日(金)  
開催場所：名古屋大学理学部1号館509号室  
主催：名古屋大学大学院多元数理科学研究科  
問い合わせ：庄司俊明 多元数理科学研究科 教授  
shoji@math.nagoya-u.ac.jp / 052-789-5605

### 第10回国際ナノテクノロジー会議

10th International Conference on Nanotechnology

開催日：2010年8月17日(火)～20日(金)  
開催場所：ソウル(韓国)  
主催：国際ナノテクノロジー運営委員会  
問い合わせ：篠原久典 理学研究科 教授  
noris@nagoya-u.jp / 052-789-2482

### 第19回公開セミナー「天文学の最前線」

開催日：2010年8月18日(水)～20日(金)  
開催場所：名古屋大学・名古屋市科学館  
主催：名古屋大学大学院理学研究科・名古屋市科学館  
問い合わせ：杉山 直 理学研究科 教授  
naoshi@a.phys.nagoya-u.ac.jp

### 第21回基礎有機化学討論会

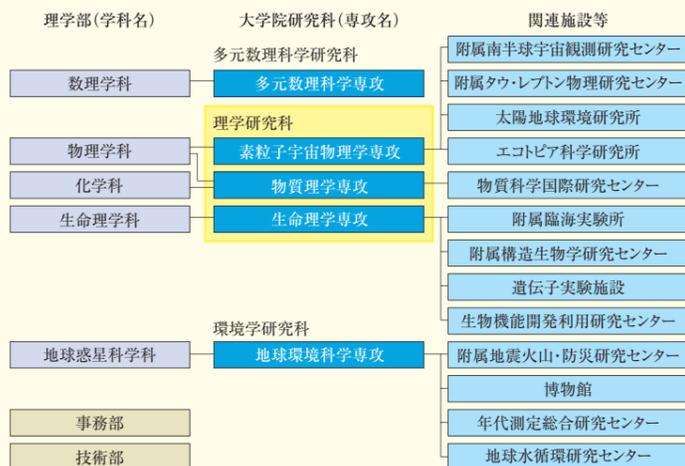
開催日：2010年9月9日(木)～11日(土)  
開催場所：名古屋大学豊田講堂・野依記念学術交流館ほか  
主催：基礎有機化学討論会組織委員会  
問い合わせ：山口茂弘 理学研究科 教授  
yamaguchi.shigehiro@b.mbox.nagoya-u.ac.jp / 052-789-5019

### 日本植物学会第74回大会

開催日：2010年9月9日(木)～11日(土)  
開催場所：中部大学(春日井市)  
主催：日本植物学会第74回大会開催実行委員会  
問い合わせ：町田泰則 理学研究科 教授  
yas@bio.nagoya-u.ac.jp / 052-789-2502

## 組織図

理学部・理学研究科・多元数理科学研究科・環境学研究科(地球環境科学専攻)



## 編集だより

2010年は「理philosophia」発刊10年目にあたる。「仕事はえてして自分の考えているのとはまったく別の方向から突然やってくる」。これは広告や編集の仕事をやってきてしばしば感じていたことだが、それにしても「国立大学の理学部の広報誌」というのは予想外だった。2001年6月に最初の打ち合わせもあった。「理学部の広報誌」といっても参考にすべきものがないため、具体的なページの企画をたくさん出し合い、それを組み合わせて全体を構築するようにした。「とにかく1号つくってみよう」という雰囲気ではじまった。それから10年。今号の座談会のページに掲載されたバックナンバーの表紙をながめれば感慨もひとしおである――。

挨拶がおくれましたが、私は、下にある編集協力者として、企画の検討、原稿の整理、見出しやリード文の作成など、創刊号から編集のお手伝いをしてきた学外スタッフです。今回の座談会での「編集者の顔がみえたほうがよい」というご意見に背中をおされて思い出話をつらねてしまいました。原稿の記述をめぐる激しいやりとり、企画や原稿の差し替え、はては原稿引き上げの危機など、いろいろあった10年。「研究者は頑固である」というのが、失礼ながら今の実感です。そうした熱気が読者にも伝われば幸いです。引き続きのご愛読をお願いいたします。(久野高義)

## 表紙説明

赤外線衛星「あかり」によって観測されたはくちょう座領域の宇宙。青色は波長9μmの赤外線を、赤色は波長18μmの赤外線をとらえたもの。赤色はダスト、青色はPAHとよばれる巨大な有機分子であることがわかってきた。赤外線でしか見えない宇宙の姿がここにはある。



## 理 philosophia

No.18  
spring - summer 2010  
2010年05月20日発行

広報委員 國枝秀世(研究科長)  
篠原久典(副研究科長)  
松本邦弘(評議員)  
佐藤周友(数理学科)  
福井康雄(物理学科)※委員長  
飯嶋 徹(物理学科)  
岡本祐幸(物理学科)  
大木靖弘(化学科)  
杉山 伸(生命理学科)  
瀧口金吾(生命理学科)  
川邊岩夫(地球惑星科学科)  
伊藤正彦(事務長)

編集発行 名古屋大学理学部・大学院理学研究科広報委員会  
〒464-8602 名古屋市千種区不老町

ご意見、ご感想をお待ちしています。  
本誌の原稿執筆や取材などにご協力いただける方を求めています。  
広報委員会までご連絡ください。  
なお、ご投稿などの採否については当委員会にお任せください。  
次号は2010年10月頃発行の予定です。

制作 株式会社電通  
編集協力 株式会社コミケ  
デザイン 株式会社ティ・エム・シー

・本誌記事、写真等の無断複写、転載を禁じます。 ISSN 1884-8486

TEL 052-789-2394 FAX 052-789-2800 E-mail kouhou@sci.nagoya-u.ac.jp URL http://www.sci.nagoya-u.ac.jp/kouhou/

# 理

名古屋大学理学部・大学院理学研究科広報誌

「理フィロソフィア」

spring - summer 2010

18

philosophia

## 特集

### 「星雲の宇宙をめぐる」

04 — 星と惑星、誕生の秘密◇犬塚修一郎

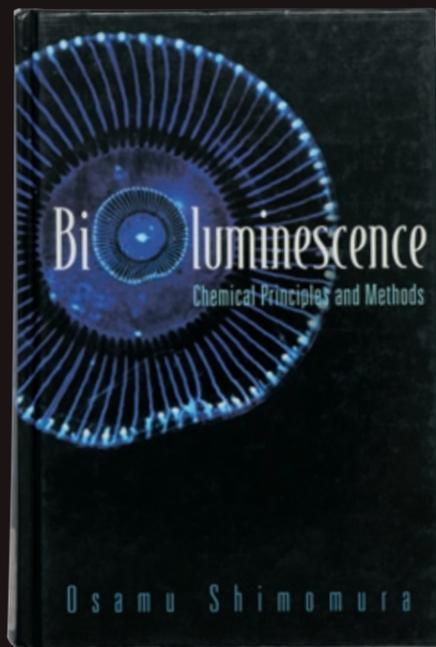
08 — あかり衛星の見た宇宙◇金田英宏

02 — 時を語るもの〈下村 脩 博士〉◇江口昇次

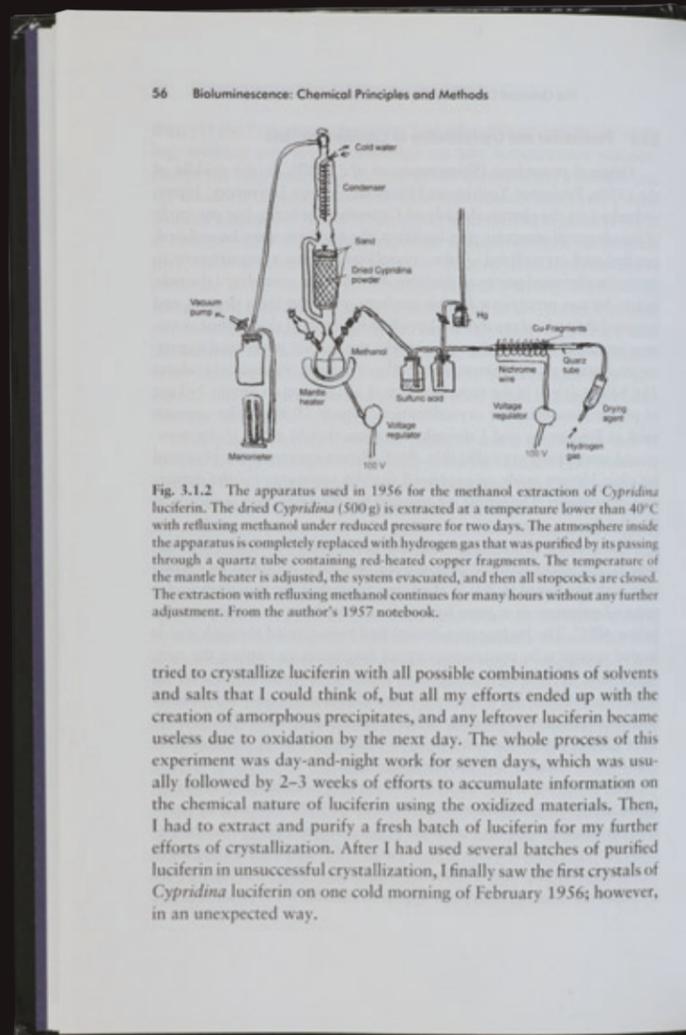
03 — 理のエッセイ◇木股文昭

12 — 特別座談会「理philosophia」を考える

## 下村脩博士— ノーベル賞の前章となった ウミホタルルシフェリンの抽出



下村脩博士は半世紀にわたる生物発光研究によってその化学、生化学、分子生物学を開拓された。その出発点は名古屋大学理学部平田義正\*1博士の研究室の研究生として開始したウミホタル発光成分の研究にあった。1955年、研究生となった初日に平田博士は、ウミホタルの青い光の発光成分であるルシフェリン(基質)とルシフェラーゼ(酵素)のうち、構造決定をするためにルシフェリンを抽出して結晶にしたいと、下村博士に話した。ルシフェリンは空気中では酸化分解してしまい、アメリカのプリンストン大学では長年ルシフェリンの精製を研究してきたが、まだ成功していなかった。下村博士は自ら設計した特製ソックスレー装置を使用して、昼夜通して抽出実験を行った。試行錯誤の末、5日かけて500グラムの乾燥

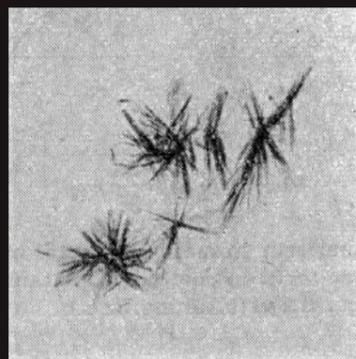


ウミホタルから2ミリグラムの精製ルシフェリンを得た。そこからさらに結晶化を試みたが失敗の連続であった。1956年2月、成分分析の目的で塩酸を加えて帰宅し、翌朝に微量の赤色針状晶を見つけた。これが目的のルシフェリン結晶であった。生物発光研究の一里塚となったこの成果は国内外で話題となった。1960年名古屋大学で博士号を取得した下村博士は、同年プリンストン大学から博士研究員に招聘され、オワンクラゲなど各種生物発光研究に勇往邁進した。下村博士がオワンクラゲの発光成分研究の副産物として緑色光タンパク質GFPを発見したのは、それから2年後、1962年のことであった。2008年、下村博士はGFPの発見によりノーベル化学賞を受賞した。(江口昇次 名古屋大学名誉教授)



下村 脩(1928-) おきむ  
元名古屋大学理学部助教授(1963-1965)  
ウツホール海洋生物学研究所特別上席  
研究員(2008-)  
名古屋大学特別教授(2009-)  
文化勲章(2008)、ノーベル化学賞(2008)

◇写真の説明  
下村博士の自著「Bioluminescence: chemical principles and methods」に掲載された、特製ソックスレー装置の概念図。当時入手可能な水素ガス中の不純物である酸素を、赤熱銅片管と濃硫酸を通すことで除く工夫がなされている。これによって、精製乾燥した微減圧水素ガス中で何時間もメタノールによる連続抽出ができる。この装置によって乾燥ウミホタルからルシフェリンが抽出され、ウミホタルルシフェリン結晶がはじめて単離された。その後冷凍保存したウミホタル、ステンレス製ソックスレー管、アルゴンガスなどの使用によりルシフェリン抽出収率は10倍に向上した。写真は左から「Bioluminescence」の表紙、ウミホタルルシフェリンの精製実験を行っている1956年3月頃の下村博士(左)と当時平田研究室の助手であった後藤俊夫\*2博士、下はウミホタルルシフェリンの結晶写真。



\*1 平田義正(1915-2000)  
元名古屋大学理学部教授  
(本誌5号P.2、16号P.4参照)  
\*2 後藤俊夫(1929-1990)  
元名古屋大学農学部教授

## 現在を記録すること

木股文昭 附属地震火山・防災研究センター教授



Illustration: Miho Nakagawa

近い将来に発生する「東海地震」、その予測で1つの鍵を握るのは前回の巨大地震、1944年東南海地震の研究である。

その東南海地震が西南日本を襲った時、日本発の地震学も50年が経過し、帝国大の地震学講座は三代目の教授、関東震災を予知した今村明恒だった。彼は地震の前に西日本の太平洋沿岸を巨大地震が頻繁に襲うことを知る。すでに1855年の安政東海地震から80年が経過する。彼は地震の先行現象をつかむため、自前で紀伊半島などに観測を始める。その1つが地震発生した1944年12月7日の掛川での水準測量だった。しかし、「本土決戦」が叫ばれ、測候所の記録紙も底をつき、地震観測が続けられない事態。彼の観測も中断に追い込まれていた。地震学は貴重な機会を失った。

2004年12月、スマトラ沖で超巨大地震が発生し、未曾有の犠牲者をもたらした。超巨大地震は地球規模でも発生頻度は極めて低い。20世紀でも1964年チリ地震など4回に過ぎない。日本周辺では1707年宝永南海地震以降、発生していない。

スマトラ沖超巨大地震は、巨大災害に対する人の悲しさと地震研究者の虚しさを感じさせた。同時に、超巨大地震発生を迎えた研究者としての責務を感じた。データのない東南海地震への私たちの嘆きと同じものを、次の世代の研究者に味わわせてはいけない。

地震発生前のデータは皆無に近かった。しかし、超巨大地震ゆえ、断層運動が瞬時に終焉するはずがない。私たちは、津波から1カ月後、最大の被災地スマトラのアチェに入る。社会科学の研究者も、インドネシアの研究者も、院生も含めた調査研究チームだった。

それから5年、私たちは年に数回アチェを訪れ、GPS観測を続ける。バンドアチェは地震時に3メートルも海溝側にせり出した。地震後もせり出しは続く。今や1メートルを上回る。20メートルの滑りが推定されたプレート境界では今も滑りがゆっくりと続く。超巨大地震がいかに終焉し、次の地震発生準備過程に移行するのだろうか。地殻の破壊現象をきちんと追跡する。現代を生きる研究者の責務として、現在の記録を次の世代に確実に贈りたい。



Fumiaki Kimata

1948年岐阜県生まれ。名古屋大学理学部犬山地殻変動観測所に教員で就職。2006年より現職。アラスカ、カムチャッカ、サハリン、台湾、フィリピン、インドネシアのプレート沈み込み帯で地震と火山の研究に取り組む。これまで途上国から10名の留学生、20名のJICA研修生を迎える。

## 星雲の宇宙をめぐる

星は、重力によってガスとダストがかたまっても生まれる。

日本が誇る赤外線衛星「あかり」は、星が生まれる現場をとらえた。

ダストに隠された場所で、私たちの太陽と地球も生まれた。

太陽系の生まれた46億年前に思いをはせて、星雲の宇宙をめぐる。

(2009年10月24日、第18回理学懇話会より)

## 星と惑星、誕生の秘密

犬塚修一郎 素粒子宇宙物理学専攻教授

### 星誕生に関わる2つの問題

宇宙の基本的な構成要素は銀河です。宇宙は銀河でできていて、銀河は星でできています。それらはどのような関係にあるのでしょうか。

渦巻銀河の一部を拡大すると星がたくさんありますが、実は非常に冷たい「分子雲」が存在しています。銀河にはいろいろな温度の星雲がありますが、分子雲はそのなかでも、絶対温度10度、摂氏-260℃ぐらいのとても冷たい星雲です。冷たいために、密度が高くても圧力はそれほど高くありません。ですから、非常に小さく集まり、密度が濃い状態で存在しています。濃い密度といっても1cm<sup>3</sup>あたり1000個~1万個ですから、

地球上の私たちにとっては極めて薄いガスですが、宇宙にあっては非常に濃いガスです。星はこの分子雲のなかで生まれます。

星が生まれるのは簡単なことではありません。重力でガスが集まって星はつくられますが、単純にガスの圧力よりも重力のほうが強ければ必ず星になるかという、そう単純ではありません。星が生まれるためには「角運動量問題」と「磁束問題」という2つの問題を乗り越えなければなりません。

宇宙において物質はほんのわずかですが回転しています。分子雲のなかの物質も回転運動をしています。収縮することにより角運動量は保

存されて物質は速くまわります。

アイススケートのスピンを思い浮かべてください。スピンしている状態で手を体を近づけたり上げたりするとスピンは速くなります。あれは角運動量が保存され、サイズが小さくなると回転が速くなることを表しています。この物理法則は宇宙でも成り立ちます。速くなると、速さに起因した「遠心力」が重力よりも大きくなってしまいます。そうすると、重力の力で縮むことはできないため、星はできません。これが角運動量問題です。星ができるためには遠心力に対抗して縮む方法が必要です。

磁束問題には紙幅の関係でふれませんが、こうした問題があることをわかっていただいた上で星形成のプロセスについてシミュレーションしてみましょう。まず分子雲が重力によって収縮することによって、分子雲コアとよばれる天体ができます。次にそのなかに原始星ができます。そこから激しいガスの流れが生じます。実は1つの星ができるときには、まず、第一コアとよばれる大きなサイズの天体ができ、その中心で原始星とよばれる生まれたての星ができます。この第一コアと原始星は入れ子状になっています(図1)。

ガスが収縮する前の分子雲コアは回転しています。そのため、第一コアや原始星も回転しています。ガスはわずかにプラズマ状態ですから磁力線を振りまわします。すると、磁力線に沿って、上下に物質が出ていきます。つまり、第一コアや原始星の表面から磁場の力で高速のガス流が2つの方向(北極と南極の方向)に放出されます。ここで重要なことは磁力線で物質を噴き出した

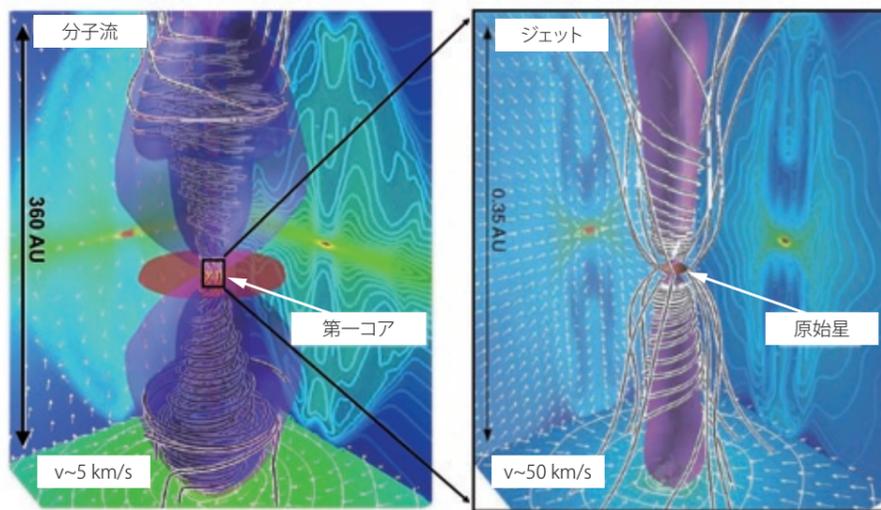


図1 原始星の形成過程  
分子雲コアとよばれる低温ガス雲が自己重力で収縮し、原始星が形成される磁気流体力学的数値シミュレーションの結果を表している。初期の大きさは数万AU(〜10<sup>17</sup>cm)程度もあり、最終的に形成される原始星の大きさは太陽半径程度(〜10<sup>11</sup>cm)である。左図は最初にできた第一コアとよばれる天体であり、そのまわりからは両極方向に分子流とよばれる高速の分子ガスの流れが放出される。右図は第一コアのなかで原始星が形成される様子を表し、光学ジェットとよばれる可視光でも観測されるジェット状の高速ガスが両極方向に放出される。AUは天文学で用いる距離の単位、1AUは地球と太陽との平均的な距離を表す。



Shu-ichiro Inutsuka

1966年生まれ。1994東京大学大学院理学系研究科修了。博士(理学)取得。国立天文台助手、京都大学大学院理学研究科助教授を経て、2009年より現職。専門は星や惑星などの天体形成論。磁気流体力学、放射流体力学、相対論的流体力学などの数値計算手法の開発にも取り組んでいる。

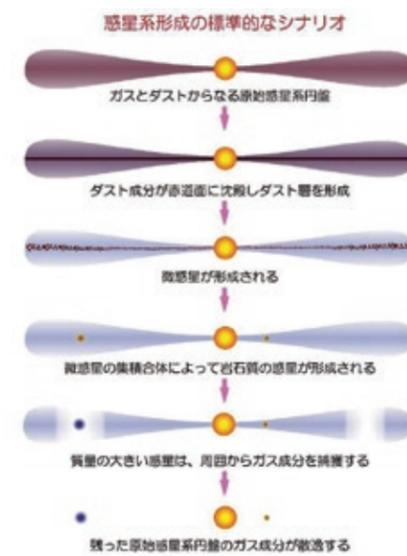


図2 古典的な惑星形成シナリオ  
標準的な惑星形成論では、生まれたての星のまわりに形成される原始惑星系円盤のなかで重元素成分が主体の塵粒子が円盤中心面に沈殿し、その沈殿面が重力不安定性により分裂して、微惑星とよばれる微小天体が形成されると仮定している。この微惑星はその後、長い時間をかけて衝突・合体を繰り返し、原始惑星へと成長する。大きな原始惑星はまわりのガスを重力的に引きつけてさらに大きくなり、ガス惑星になると想定している。最終的には円盤のガス成分は何らかのメカニズムで消失して、惑星系が残るとしている。

### 惑星形成のシナリオ

これで星ができましたが、星ができただけでは我々の住処は得られません。夜見える星は太陽のような星、「恒星」です。恒星はプラズマのガスの塊です。これらの天体には地面はありません。我々のような生物が住むためには陸地もしくは海が必要です。そのような天体を「惑星」とよびます。

星が形成される際に、角運動量をもつ物質が円盤をつくります。円盤は宇宙にあまねく存在する物質と同じ成分、つまり、水素とヘリウムが主成分です。我々の地球上に水素とヘリウムはあまり多くありません。地球の表面を構成している物質はシリコンや酸素です。地球の中心部には鉄などの金属もたくさんあります。水素やヘリウムはあまりありません。惑星は水素やヘリウムなどの軽い元素ではなくて、重元素からできていますが、宇宙にある物質のうち重元素の占める割合は、実は1%程度です。我々の住む地球は宇宙に存在している1%の物質を何とか集めてつくられてい

るということです。以下ではまず、その惑星形成のプロセスを、古典的なシナリオに従って説明します(図2)。まず、ガスの円盤ができます。次に、ガスの円盤が重元素を集め、集められた重元素は赤道面、ガス円盤の中心面部分に落ちていくと仮定します。重元素を「ダスト成分」とよびます。ダストは宇宙に浮かぶ塵の粒子です。重元素のかなりの部分は固体成分として宇宙に存在し、炭素、シリコン、酸素等でできています。そのような固体成分が円盤の赤道面に沈殿すると仮定します。その後、ダストは「重力不安定性」という物理現象によってサイズ1km程度の大きな石の塊である「微惑星」に変化します。これを「重力的な分裂」といいます。

その後、微惑星同士が長時間かけて衝突し、合体・成長を繰り返し、地球のような原始惑星になったり、地球より大きい惑星になったりします。地球の10倍程度の大きさの惑星になると、重力



が強すぎる状態になります。このような大きさの惑星になると水素やヘリウムなどのガスまで引っぱってしまいます。そうするとまわりのガスも落ちてきて惑星のまわりに分厚い大気として存在するようになります。木星や土星はこのような形態になっています。木星や土星をいろいろな手法で調べてみると、なかには重元素でできたコアとよばれる物質があり、そのまわりに水素やヘリウムなどのガスがたくさんあると考えられています。

最後に、何らかの理由で水素やヘリウムなどのガスがなくなり惑星だけが残ると現在の太陽系の姿になります。これが現在考えられている標準的な惑星形成のシナリオです。ただし、ここで強調しておきたいのは、微惑星ができるのは固体成分が赤道面に沈殿した場合であるということです。赤道面に沈殿するという仮定が間違っていると、このシナリオそのものが成り立ちません。

### 惑星誕生に関わる2つの問題

惑星形成論の大雑把なシナリオは40年ほど前にできました。当時、観測できる惑星は太陽系しかないため、惑星形成論は太陽系を参考にして理論的に考えられました。1990年代になって、電波天文学が進歩し、星形成のプロセスがわかってきました。原始惑星が生まれる際に

できる水素とヘリウムで構成されたガスの円盤が観測され、1995年には太陽系以外の惑星である「系外惑星」が発見されました。いったん系外惑星が発見されると、たくさんの天文学者が系外惑星を観測するようになりました。予算もつくようになり、観測装置も優れたものができ、観測がどんどん進みます。1995年以前はまったく見つかっていなかった系外惑星ですが、現在は、400個以上も発見されています。

その結果いろいろなことがわかってきました。たとえば発見された系外惑星の多くは、木星ぐらいの質量でした。重要なことは、それら木星のような惑星が中心星の近くにたくさんあるということです。太陽と地球の距離を距離の単位として1天文単位(AU)と定義します。我々の太陽系の木星は5AUぐらいにあります。しかし、発見された木星のような系外惑星は中心星から0.1AU以内のとても近くにたくさんありました。

つまり銀河系に存在している惑星系は、必ずしも我々の太陽系のような姿をしているわけではなく、惑星の分布がかなり違うことがわかってきました。つまり我々の太陽系がどのようにできたかを説明するために何十年も前につくられた太陽系形成論では系外惑星の形成過程を説明できない、と考えられるようになってきました。

実は、系外惑星の形成過程が説明できるのかということだけではなく、我々の太陽系の形成を説明する古典的シナリオにも2つの大きな問題があります。1つは、先ほどから強調している重元素、ダスト、塵の成分が赤道面に沈殿するという物理過程が、そもそも困難なこと。重元素が少しでも沈殿するとそこには乱流が発生してしまいます。最近では、沈殿する以前から乱流は発生していると考えられており、乱流状態ではダストは沈殿できません。沈殿ができないと微惑星もできません。このことがわかってきたのはつい最近のことです。

問題はこれだけではありません。10歩譲ってもらって何らかの方法で沈殿でき、原始惑星ができたとしても、それらは中心星に落下してしまいます。これを「惑星落下問題」といいます。簡単に説明します。原始惑星ではガスは遅く回転しています。そうすると、ガスのなかでガスとの重力を介した相互作用で角運動量を失ってしまい、いつかは真真中に落下してしまいます。そのタイムスケールは、だいたい1万年や10万年です。人間のタイムスケールと比べるととても長いのですが、宇宙においては短いタイムスケールであり、大きな問題です。このように大問題が2つあり、2つとも解決していません。

### 遠すぎる惑星の謎

七夕の話で出てくる織姫星ベガによく似ている星をベガ型星とよびます。1984年にはベガ型星のまわりで塵の円盤が発見されています。円盤は赤外線を発する重元素のダストでできています。「重元素がたくさんあるのなら、もしかすると惑星があるかもしれない」と研究者は考えていました。そしてとうとう2008年末にベガ型星を観測していた別々の研究者によって3つの惑星系の発見が報告されました。そのうちの1つ、フォーマルハウトは、みなみのお座にある明るい星です。太陽の2倍ぐらいの質量があり、まわりに塵の円盤があります。この塵の円盤を観測すると、2004年から2006年の間に移動していることがわかりました。つまり惑星がまわっていることがわかってきました。

ほぼ同時に発表された3つの論文は大きな問題を提起していました。それは発見された3つの惑星が「中心星からの距離がとても遠い」ことでした。たとえばフォーマルハウトは中心星からの距離が約100AUです。これは地球から太陽までの距離の100倍のところに惑星があることとなります。ここで問題になるのは、先ほどの標準惑星形成理論では惑星形成にもすくく時間がかかるということです。惑星形成にはいろいろ重要な物理的プロセスがありますが、この時間スケールの多くは回転の時間スケールに比例しています。1AUでは、地球が1年で1回転していますから回転のタイムスケールは1年です。100AUでは、ケプラーの法則によって1000年です。つまり1000倍の時間がかかります。1回転するだけでも1000年かかるのです。ガス円盤、ガスが存在している時間はだいたい100万年です。その限られた時間で木星のような星をつくるのは不可能です。なぜならば1000年では種々の重要な物理的な現象が起きる時間が足りないからです。このように、中心星から遠すぎると「標準惑星形成理論では巨大ガス惑星はつくれぬ」という問題が生じてきます。

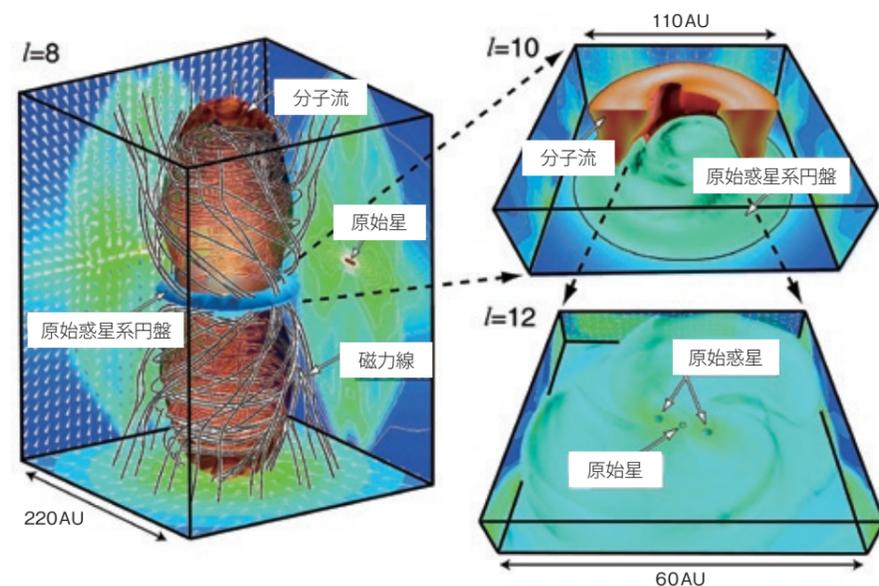


図3 原始星形成直後に形成される原始惑星系円盤のなかで巨大惑星が形成される様子  
最新の磁気流体力学的数値シミュレーションによれば、分子流を放出する第一コアの内部においては電離度が低すぎて磁場の効果が効かない領域が存在する。原始惑星系円盤はその領域から形成が始まる。形成直後の原始惑星系円盤は自己重力的に不安定となり、ガス惑星程度の質量の天体を多数形成する。

### 新しい展開

これまで1個の星形成のお話をしてきましたが、星間ガスの理論計算をしていくと、同じ場所に星が1個だけできるのではなくて2、3、4個とできることがわかってきました。こういう天体を「連星」といいます。太陽は連星ではありません。しかし太陽以外の星の多くは連星で、互いにくるくるまわっていることがわかっています。

図3右下の星形成過程の計算例では、原始星のまわりに2個の巨大惑星らしいものが生まれています。中心星からの距離は、およそ5AUです。もし、このような大きな惑星が中心星の近くに生まれると、惑星形成にも新たな可能性がでてきます。

第一の可能性は、初期に巨大惑星が生まれ、その外側に微惑星が集積して地球型惑星がいくつ生まれるが、最初にできた巨大惑星はまわりのガスとの相互作用で中心星に落ちてしまい、最終的にはなくなってしまうというものです。それでも中心に落下する巨大惑星の一時的な存在は重要です。なぜなら、巨大惑星の重力がガス円盤中に波を励起し、それが微惑星の中心星への落下を防いでくれるからです。そのおかげで惑星落下問題は回避されます。この場合、多数

形成された固体惑星のうち、首尾良く大きく成長したものがまわりのガスを引き寄せて固体コアのある木星型惑星になります。この場合をシナリオ1とよびましょう。

最後に残った天体だけを考えれば、シナリオ1は標準惑星形成理論とそっくりに思われるかもしれませんが、最初にできた大天体が微惑星形成を手助けするという意味で重要な役割を果たすため、シナリオ1は標準惑星形成理論とは決定的に違います。

それに対して、最初に形成される巨大惑星の少なくとも1つが何らかの理由で中心星の中に落下しなかった場合の進化をシナリオ2とよびましょう。たとえば巨大惑星が、(木星の軌道半径である)5AUのあたりに生まれ、その内外に微惑星が集積して岩石惑星がいくつか生まれます。この場合も巨大惑星の重力のおかげで落下問題は回避されます。その結果、地面(固体コア)がない、つまり重元素をあまり多く含んでいない巨大ガス惑星と、重元素でできた惑星という2種類の天体をもつ惑星系ができます。

では太陽系の形成シナリオとしてはどちらが良いでしょうか。決定的な違いは、木星型惑星の内部に固体コアがあるかどうかということです。「木星のなかには岩石が大量にある」と現在多くの人は信じています。これが正しければシナリオ1の可能性が強いです。しかし、現在推定される木星の固体コアの質量はかなり小さいと考えられており、「木星なかに固体コアはまったくない」という可能性も除外できません。もし木星のなかに固体コアがなければ、木星は標準惑星形成理論で考えていたような惑星ではなく、太陽ができたときに円盤からすぐにできた太陽の弟分のガス天体と考えるほうが合理的です。つまり、シナリオ2が良いということになります。結局、木星の中の固体コアの質量を決定することで、太陽系の形成シナリオを判別することになるでしょう。

2008年から2009年にかけて、惑星形成理論は急展開しています。「惑星系はたくさんある」「生命が住める惑星もおそらく多数ある」「太陽系以外にも生命はある」と予想して、きょうのお話を終わりたいと思います。ありがとうございました。

# あかり衛星の見た宇宙

金田英宏 素粒子宇宙物理学専攻准教授



Hidehiro Kaneda

1970年生まれ。1997年東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。博士(理学)取得。日本学術振興会特別研究員、宇宙科学研究所(現JAXA宇宙科学研究本部)助手、助教を経て、2008年より現職。専門は宇宙赤外線天文学と、遠赤外線観測装置・冷却望遠鏡の開発。銀河系や近傍銀河の星間物質の観測的研究を行っている。

## 宇宙からの赤外線をとらえる

赤外線衛星「あかり」とその最新の観測結果について紹介します。そもそも赤外線とは、いまから200年ほど前、「ハーシェルの実験」によって確認された電磁波の一種です。太陽の光をプリズムで分散させると、赤から紫まで虹色の光のパターンが現れます。赤から紫に分光される光を、目に見える光、可視光といいます。ハーシェルは、赤の外側に温度計を置くと温度が上がる現象を発見しました。可視光の赤の外側にある電磁波、これが赤外線です。

赤外線と可視光では、何が違うのでしょうか。光は、「波」の性質と「粒子」の性質もっています。ここでは「波」の性質を考えます。波の山と山との距離を「波長」といいます。赤外線は可視光に比べて長い波長もっています。一般

的に赤い光の波長が長く、青い光の波長は短いのですが、赤外線の波長は1~300 $\mu\text{m}$ 、0.001~0.3mmです。そのなかで、およそ1~5 $\mu\text{m}$ の波長が近赤外線、5~40 $\mu\text{m}$ の波長が中間赤外線、40~300 $\mu\text{m}$ の波長が遠赤外線とよばれます。そして、波長が短いほど、光のエネルギーは高くなります。

次に、物質の温度と光の波長の関係について考えます。ある温度をもった物体は必ず光を出します。それは可視光の場合もあり、赤外線の場合もあります。波長の違いは物質の温度の違いによるものです。太陽の場合、6000K(ケルビン)です。Kは絶対温度の単位で、0Kが-273.15℃と定義されています。6000Kの太陽が光を出すと、1 $\mu\text{m}$ よりも波長の短い側、すなわち可視光の

ところにエネルギーのピークがくる光を放射しています。我々の目はこの光を感じるように進化してきました。一方、地球は300Kぐらいの温度で、可視光は発していませんが、赤外線で見ると明るい光を出しています。以下の話に出てくる「あかり」の観測対象は、20~100Kという低温なので、より長い波長の赤外線を出しています。

光には、さまざまな波長の光、つまり電磁波が存在します。それら異なる波長を観測する天文学がそれぞれあります。電波天文学、赤外線天文学、光天文学、X線天文学などです。名古屋大学では、4つの研究室がそれぞれ電波、赤外線、可視光、X線で宇宙観測をしています。可視光や電波は、地上から観測できます。ところが、赤外線は、地球の大气によって吸収されて地上に届きません。ですから、赤外線を観測するためには大気の影響を受けない宇宙に衛星を打ち上げないといけません。また、観測対象は20K、30Kと非常に低温です。もしも望遠鏡が地上と同じ300Kという温度だとすると、望遠鏡自身が大量の赤外線を出してしまい天体からの弱い赤外線信号がとらえられません。「宇宙に行かないといけない」「望遠鏡を極低温に冷やさなければいけない」という2つの技術的困難のため、赤外線による宇宙観測は、他波長の観測に比べて、とても遅れていました。

## 赤外線天文衛星「あかり」

2006年にわが国初めての赤外線天文衛星「あかり」が打ち上げられました(図1)。衛星は太陽の位置と同期した極を通る軌道に上げられ、1周(360度)を約100分でまわっています。これによって「太陽は常に望遠鏡から90度離れた方向に存在する」「地球は必ず望遠鏡の後部に存在する」ように姿勢制御されています。地球あるいは太陽からの熱が望遠鏡に入ることないようにするためです。

「あかり」はクライオスタットとよばれる冷却真空装置を積んでいます。このなかに液体ヘリウムを入れ、6K、つまり-267℃まで望遠鏡を冷やしています。望遠鏡は口径70cmで、世界初の冷却SiC(Silicon Carbide)を使用しています。SiCは冷えやすく低温で変形しにくい特殊な材料です。

望遠鏡の裏側の焦点面には、大きく分けて2つの観測装置がついています。1つは、波長50~180 $\mu\text{m}$ の遠赤外線を観測するセンサー、FIS(Far-Infrared Surveyor)。もう1つは、波長2~26 $\mu\text{m}$ の近中間赤外線を観測するカメラ、IRC(InfraRed Camera)です。このうちFISは名古屋大学が中心となって開発したものです。

観測は、まず1周100分かけてカメラで天空を掃きます。1周で観測できるのは細い帯ですが、これを何度も繰り返します。半年で軌道が180度回転し、全天をカバーします。観測波長は中間赤外線9 $\mu\text{m}$ 、18 $\mu\text{m}$ 、遠赤外線65 $\mu\text{m}$ 、90 $\mu\text{m}$ 、140 $\mu\text{m}$ 、160 $\mu\text{m}$ です。液体ヘリウムは予定通り約1年半ですべて蒸発し、ほぼ全天を2回以上サーベイすることができました。得られた波長9 $\mu\text{m}$ の全天マップが図2です。この「地図」は、天の川銀河の中心が原点で、銀河円盤が赤道面上にくる「銀河座標系」で描かれています。領域を拡大すると、より細かな赤外線の構造が見えることがわかります。なお、2種類の波長で同時に画像を示すとき、波長の短いほうの赤外線を青色で、波長の長いほうの赤外線を赤色で、2色合成します。もちろん、これらの赤外線は目で見えないので、色があるわけではありません。前述のとおり、波長が短いほうが赤外線のエネルギーが高く、相対的に「青い」光なのです。

## 「あかり」は何を照らすのか

星雲は、可視光で見たとき、星と星の間で光が反射して、ほんやりと光ったりします。赤外線で見ると図2のように、天の川銀河の星と星の間の空間のいたるところに雲が存在することがわかります。では星雲にある何が赤外線を出しているのでしょうか。それは宇宙空間に存在する固体微粒子(ダスト)です。星の光はダストに吸収され、光の強度は弱くなります。しかしエネルギーが失われる分、温められたダストは遠赤外線あるいは中間赤外線を再放射します。もしダストがなければ、図2は星が点状にぼつぼつと見えるだけの味気のない画像となったことでしょう。

ダストは可視光をささげるため、天文学においては邪魔者扱いされる場合が多いのですが、赤外線観測ではダストが主役です。とくに重くて

明るい星のまわりのダストは強く温められますので、温度が高くなり、短い波長の中間赤外線を強く出すようになります。そのような重い星はとても寿命が短いので、中間赤外線で見ると輝いている場所では、現在も星形成が活発に行われていることとなります。

「あかり」がとらえた画像をよく見ると、9 $\mu\text{m}$ の

赤外線(青色)は18 $\mu\text{m}$ の赤外線(赤色)の外側に分布していることがわかります。よりエネルギーの高い、より温度が高い物質が出す9 $\mu\text{m}$ の光が18 $\mu\text{m}$ の光の外側、激しく星形成が行われている現場よりも外側に大きく広がっているのは不思議な感じがします。この青い光は何を見ているのでしょうか。

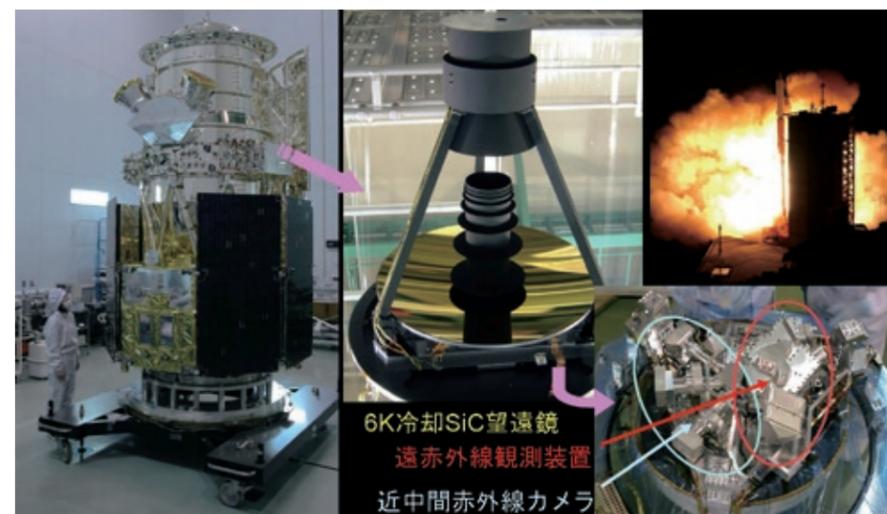


図1 「あかり」衛星  
打ち上げ前の衛星本体と、打ち上げ時の写真。衛星上部にクライオスタット(冷却真空装置)があり、そのなかに6Kに冷却された口径70cmのSiC望遠鏡が入っている。鏡の表面は反射率を上げるために金コートがされている。クライオスタット上蓋は、衛星打ち上げ後、軌道上で開放した。望遠鏡の焦点面には遠赤外線装置と近中間赤外線カメラが取り付けられている。

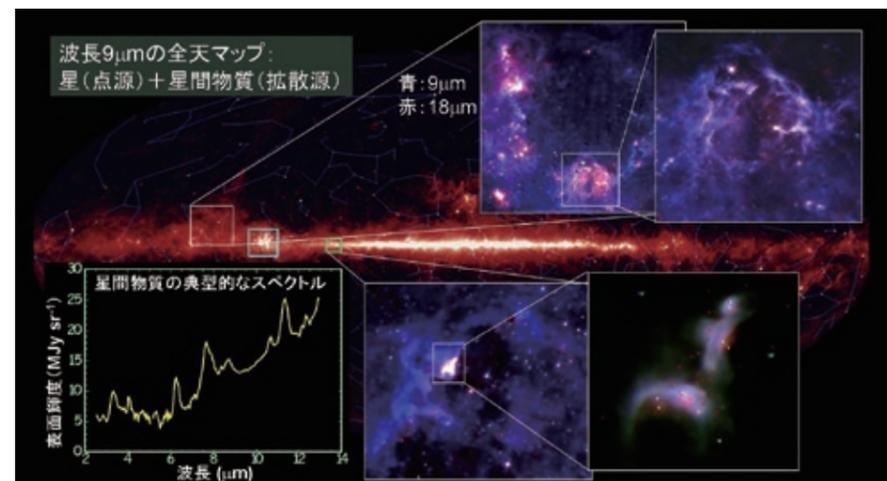


図2 「あかり」全天マップ  
波長9 $\mu\text{m}$ 帯の全天マップ。同様の観測データが、18 $\mu\text{m}$ 、65 $\mu\text{m}$ 、90 $\mu\text{m}$ 、140 $\mu\text{m}$ 、160 $\mu\text{m}$ の各波長帯で得られている。代表的な2つの領域については、それぞれ拡大し、9 $\mu\text{m}$ (青)と18 $\mu\text{m}$ (赤)の2つの波長で2色合成した画像を示した。また、銀河の典型的な星間空間で得られる中間赤外線スペクトルを示した。スペクトル中の尖った部分は巨大有機分子PAHによって放射されたものである。一方、連続成分は熱いダストによる放射である。水色の四角は図3と裏表紙の表紙説明で、緑色の四角は図4で、それぞれ説明。波長9 $\mu\text{m}$ 全天マップはJAXA提供。

星間ダストには小さいものから大きいものまであります。0.1 $\mu\text{m}$ くらいのサイズであれば、星の光・紫外線で温められる分と、自身の赤外線放射で冷える分のエネルギーが釣り合い、温度が15~40Kで平衡となります。一方、0.01 $\mu\text{m}$ 以下の小さいダストはなかなか光が当たりません。しかし、光が当たったとき、小さい物質の熱容量はとても小さいので、一気に高温になります。高温になったときに9 $\mu\text{m}$ という波長の短い赤外線を出します。ですから、小さいものであれば波長の短い赤外線を出せるということです。

この小さいものの正体として最近の研究でわかってきたのが、PAH(Polycyclic Aromatic Hydrocarbon)とよばれる巨大有機分子です。我々の体、生命を司る物質が宇宙空間のいたるところに存在していることがわかってきました。PAHはいくつもベンゼン環がくっついた安定なかたちをしています。実際に「あかり」が観測した銀河の星雲から得られたスペクトル(図2左下)

を見ると、波長7~9 $\mu\text{m}$ あたりではPAHが出す特徴的なスペクトルが卓越して存在していることがわかります。これはCとCの原子、あるいはCとHの原子が振動して赤外線を出したものです。それに対して15~18 $\mu\text{m}$ など波長の長い光で見ると、本当に熱いダストからの放射が見えます。つまり、9 $\mu\text{m}$ と18 $\mu\text{m}$ では見ているものが違うのです。

### 連鎖的な星形成活動

それでは具体的な観測結果について見ていきます。図3は、はくちょう座領域を観測したものです。はくちょう座領域は3000~1万光年の距離にある星形成領域です。中間赤外線18 $\mu\text{m}$ で明るいところは高温に照らされたダストが存在し、星が活発につくられているところ。その外側に、波長9 $\mu\text{m}$ の光を出しているPAHが大きく広がっていることがわかります。遠赤外線のマップを見てみましょう。遠赤外線は低温のダストを見ています。太陽のような星は至るところに存在

するので、物質があれば遠赤外線を出します。空洞になっているところがありますが、ここには本当に物質がないことを意味しています。過去に非常に重い星が存在し、その星が超新星爆発を起こし、衝撃波で物質を吹き飛ばし、このような空洞ができたのではないかと考えられています。このように、銀河の星間空間に存在する物質(ダスト、PAH)は、フィラメント状のとても複雑な空間構造を示すことがわかりました。

もう1つ、こぎつね座領域の観測結果を紹介します。図4(a)の画像をご覧ください。この星雲を中間赤外線で見ると、2つの円弧状の特徴的なかたちをしていることがわかりました。重くて若い星が赤い領域、つまり18 $\mu\text{m}$ で明るい領域にあり、ダストを温めています。その星が出す強い星風によって、周囲の物質が押しされ、青い円弧状の領域にPAHが分布するようになりました。そのなかに中間赤外線で見える若い星が生まれつつあるという描像です。

この領域のまわりが、どのような構造になっているかを見たのが、図4(b)です。大きな空洞があり、空洞のふちにこの星雲がありました。この空洞は、はくちょう座領域と同じように過去に重い星の超新星爆発があり、その衝撃波が物質を吹き飛ばし、空洞ができたのではないかと解釈されています。すなわち、死んだ星が周囲の物質を集めて星をつくり、できた星がまた物質を集めて星をつくらうとしている、3世代にわたる星形成活動をとらえた画像だと考えています。

### 系外銀河のダストをとらえる

最後に我々の銀河の外にある銀河、近傍の系外銀河のお話をいたします。近傍銀河は、過去には星雲だと思われていたが、いまは銀河であることがわかっています。図5の可視光画像は、渦巻銀河M81とM82です。ともに1200光年ほどの距離にあり、両者は近接しています。ちなみに、M81は初めて銀河が回転している証拠を得た渦巻銀河です。M81はきれいに渦を巻いていますが、M82は細長い葉巻のようなかたちをしています。どちらも天の川銀河と同じ渦巻銀河ですが、我々が見ている方向が違います。つまり、銀河円盤を正面から見ているか(M81)、真横から見ているか(M82)、です。実は、10億年ほど前にM81とM82はぶつかり、潮汐力によって、銀河のもっているガス雲が、外の空間に広くばらまかれました。また、そのときの相互作用が影響して、M82の銀河中心で爆発的な星形成活動が始まったと考えられています。

「あかり」は全天サーベイ観測以外にときどき望遠鏡を止めて、上記の波長に加えて近・遠赤外線の複数の波長で指向観測を行いました。図5のM82の赤外線画像は、そのように露出を深くした観測で、全天サーベイでは受からないような暗い赤外線放射までとらえた結果です。図5上で見られるように、PAH(7 $\mu\text{m}$ )やダスト(15 $\mu\text{m}$ )は、M82の銀河円盤から垂直に、いくつかの方向に飛び出ていることがわかりました。これは銀河中心で超新星爆発がたくさん起こり、物質が銀河の外へ吹き飛ばされた証拠である

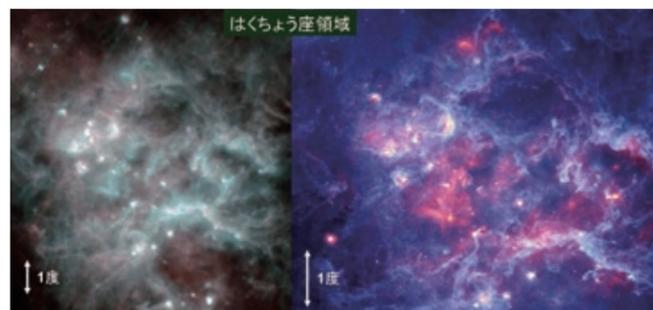


図3 はくちょう座領域の赤外線画像  
はくちょう座付近(図2の水色の四角で示した領域)の、視野角がおおよそ10度におよぶ広い領域に対して、「あかり」全天サーベイで得られた遠赤外線(青:90 $\mu\text{m}$ 、赤:140 $\mu\text{m}$ )と、中間赤外線(青:9 $\mu\text{m}$ 、赤:18 $\mu\text{m}$ )の画像を示した。

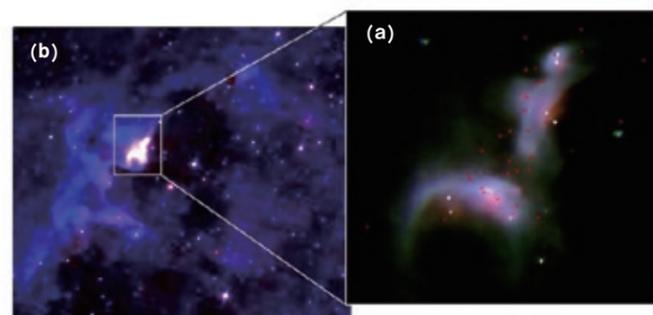


図4 こぎつね座領域の赤外線画像  
こぎつね座付近(図2の緑色の四角で示した領域)を、「あかり」で観測した赤外線画像。中間赤外線(青:9 $\mu\text{m}$ 、赤:18 $\mu\text{m}$ )の画像を示した。

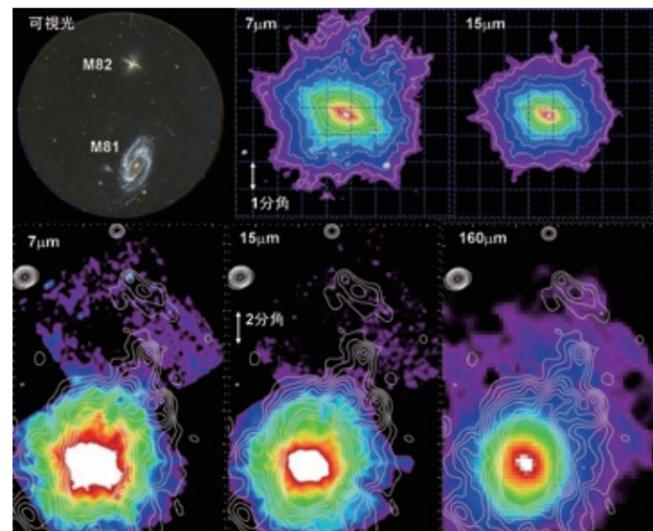


図5 横向渦巻銀河M82の赤外線画像  
左上は、M81とM82の可視光画像。他の図は、「あかり」指向観測で得られたM82の赤外線画像(波長7 $\mu\text{m}$ 、15 $\mu\text{m}$ 、160 $\mu\text{m}$ )。7 $\mu\text{m}$ はPAHの分布を、15 $\mu\text{m}$ は熱いダストの分布を、160 $\mu\text{m}$ は低温ダストの分布を見ている。上の図は、銀河中心が画像の中央にあるのに対し、下の図は銀河の外側のより広い領域をカバーした画像で、表示する表面輝度のレベルを下げて、微弱な赤外線放射の分布までを示した。下図の白い等高線は、X線を出す高温プラズマ(数百万度)が銀河から流れ出ている分布を示したものである。

と考えています。観測データからはPAHは非常に大きく広がっていますが、熱いダストはあまり広がっていないように見えます。熱いダストを見るためには強い放射場が必要ですが、銀河面から離れてしまうと強い紫外線は来なくなります。ですから、物質があっても高温にはならないために、あまり見えていないのではないかと考えています。

図5下を見ると、さらにその外側にもPAHやダストは広く存在していることがわかりました。白の等高線はX線観測で得られた数百万度Kという高温のプラズマガスの分布で、超新星爆発があったときにプラズマが形成され、銀河から吹き出たものと考えられます。遠赤外線160 $\mu\text{m}$ で光っている低温のダストは、高温プラズマとともに銀河から流れ出ているようです。一方、PAHが出す中間赤外線7 $\mu\text{m}$ は、高温プラズマとは無関係に広がっており、これは過去にM81とぶつかったときに物質で、銀河中心で爆発的な星形成活動が始まる以前から、そこに存在していたものが見えていると思われます。しかも、プラズマからのX線放射が強いところで、むしろ弱くなっており、小さな粒子はプラズマで壊されているのではないかと描像が見えてきました。このように「あかり」は、銀河のなかの雲だけでなく、銀河

の外の薄く広がった雲までも、とらえることに成功したのです。

我々は「あかり」の次のプロジェクトとして、SPICA(Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics)衛星計画を進めています。JAXAが中心で、名古屋大学も参加しており、2018年の打ち上げを予定しています。SPICA望遠鏡の口径が3.5mで「あかり」の5倍の大きさです。望遠鏡温度は5Kという極低温をめざし、波長5~200 $\mu\text{m}$ で観測する計画になっています。この計画が成功すればさらに宇宙の謎は解明されることになるでしょう。



# 理 *philosophia* を考える

本誌『理philosophia』が創刊されたのは2001年11月のこと。

創刊号で野依良治教授のノーベル賞受賞記事を掲載、一昨年は小林誠、益川敏英、下村脩と理学部に関わる3氏のノーベル賞受賞をとりあげるなど、名古屋大学理学部にとって時代を画する時期であった。

名古屋大学自体も2004年には国立大学法人化し、大学を取り巻く環境も大きく変化し続けている。

今年、創刊10年という大きな節目を迎える『理philosophia』。

その現在の立ち位置やこれから目指すべき道について科学コミュニケーションに関わる識者の方々に語っていただいた。

出席者—— 瀬名秀明(SF作家) 辻 篤子(朝日新聞論説委員) 戸田山和久(名古屋大学大学院情報学研究科教授)  
横山広美(東京大学大学院理学系研究科准教授) 渡辺政隆(独立行政法人科学技術振興機構エキスパート)  
齋藤芳子(名古屋大学高等教育研究センター助教/司会) 福井康雄(名古屋大学大学院理学研究科教授/広報委員長)

## 第一印象

**齋藤** 本日は『理philosophia』について、科学コミュニケーションに関わる方々のご意見をいただきたくということでお集りいただきました。まずは第一印象やお気づきになった点など忌憚のないご意見を聞かせていただければと思います。

**瀬名** 資料としていただいた読者アンケートをみて笑ってしまったのですが、「ほかの冊子と比べて浮世離れ度が激しい」という意見があり、そのとおりだなと思いました。もちろんこれは誉め言葉なんです。科学の話は、自分に密着した話が浮世離れした話、どちらかによったほうがおもしろいと思いますので、これはこれでいいと思います。



**瀬名秀明** *Hideaki Sena*

SF作家。1968年生まれ。東北大学大学院薬学専攻修士課程修了。薬学博士。1995年、『パラサイト・イヴ』で第2回日本ホラー小説大賞受賞。1998年、『BRAIN VALLEY』で第19回日本SF大賞受賞。2006年～2009年、東北大学SF機械工学企画担当特任教授として、機械工学の先端をウェブサイトなどを通じて広く社会に発信するミッションに関わる。

**横山** 東大理学部は40年前から『理学部ニュース』を出しているのですが、発行当初の目的は学内の広報が主であり、基本的には手づくりです。それにはその良さがありますが、『理philosophia』を拝見したときに「プロがつくっている」という印象を受けました。年に2回ということですが、ノーベル賞の記事など時事の事情にあわせて目を引くものを選ばれていると感じました。個人的に一番おもしろいと思ったのは冒頭の「理のエッセイ」です。こういうものがもっと読みたいと思いました。

**渡辺** 第一印象は、お二方と同じようなことです。僕が個人的に好きな記事は、巻頭の「時を語るもの」です。こういう歴史的な資料は、できれば博物館などに展示していただけたらいいなと思いました。中身は記事によって内容にかなりばらつきがあると思います。お書きになっている先生やテーマによって、わかりやすくておもしろいものから、何回読んでも頭に入らないものまで、いろいろある。

**辻** 私は今回、初めて拝見しました。非常に完成度が高く、手間暇かけてつくっておられることがよく伝わってきました。渡辺さんもおっしゃったように、中身はいろいろで、先生によって魅力的な語り口のものがあったり、ちょっと読むのがしんどいというものもあったりします。これを拝見して名古屋大学理学部には貴重な宝がたくさんあることがわかりました。そうしたものを外に伝え

るという意味でも、広報活動が広がっていけばいいなと思います。

**戸田山** 名古屋大学でも、それぞれの学部、研究科が広報誌をつくっていますが、『理philosophia』は捨てるのがもったいない気がします。時々読みかえしたり、学生に勧めたりできる唯一の広報誌だと思っています。今回バックナンバーを見直してデザインがだんだん洗練されていっていることに改めて気がつきました。

## 読者対象

**齋藤** 内容と、表紙や中身のグラフィカルな部分と、手触りなどの質感と、すべてにおいて「特別なもの」という感じがあって、バランスが取れていますね。そもそも発刊の経緯はどのようなものだったのでしょうか。

**福井** 2001年に当時の教授会で、「法人化に向けていろいろな意味で研究成果を社会に発信する必要がある。については広報誌をつくってはどうか」という提案があり、広報委員会を立ち上げ、半年ぐらい議論をしました。そこで出た結論は、捨てないでとっておきたくなるものを目指そうということ、時間を経ても科学史のドキュメントとして価値を失わないものにしよう、というものでした。

**齋藤** 未来の科学史家を視野に入れた広報誌というのは、あまり聞いたことのない珍しいコンセプトです。現在の読者対象はどのように考えていましたか。



**福井** 最初は漠然と社会一般と考えていました。実際に配布先等を検討するときに、同窓会を抜きにして考えられないだろうということになりました。

**渡辺** 配布先の半分が同窓生ですね。このデータだけをみたときに「同窓会誌なのか」と感じました。それにしても中身が濃い。

**福井** 印刷部数は2万部で、1万5000部程度を送付しています。1万5000部のうち約半数強が同窓生で、あとは出版社とか新聞社、高校、予備校、それから、一般市民の方で希望された方、学内の教員1800名と事務局の方々、これらをあわせて1万5000部ぐらいです。

**辻** 雑誌の場合は売れ行きによって、読者の反応がある程度わかってきます。「昔は宇宙を特集にしたら売れたけれど、いまはそういうことはない」とか。こういった広報誌では反応を計るのは難しいですね。それでも、質の高いものをつくり続けることが大切のように思います。



**辻 篤子** *Atsuko Tsuji*

朝日新聞論説委員。科学ジャーナリスト。1976年東京大学教養学部科学史科学哲学専攻卒業。1979年朝日新聞社に入社。科学部、科学朝日編集部、アエラ発行室、アメリカ総局、科学部デスクなどを経て2004年より現職。科学技術をめぐる政策や教育、先端医療とその倫理、感染症対策などを担当。

**福井** 高校生の多くは独力では読みこなせないでしょう。読まれ方の1つとして、高校の先生が窓口になってくれないだろうかと考えています。おもしろいと感じた先生に授業などで使ってもらえないかと。それから名古屋大学が実施しているいろんな講演会で自由にもっていったらいいかと。それから名古屋大学が実施しているいろんな講演会で自由にもっていったらいいかと。それから名古屋大学が実施しているいろんな講演会で自由にもっていったらいいかと。

ジャーナリズムに期待しています。いろんな企画を立てるときに参考にしていただけるとありがたいと思っています。

**瀬名** 対象を変えたいとか広げたい、という思いはあるのでしょうか。

**福井** 恐らく科学に関心をもたれている層が全国に随分いらっしゃるはずなのですが、そういう方々にお届けする方法がよくみえない。一番身近な存在である同窓生から始めてみたのですが、そこから先の知恵が出ないのです。何か名案はないでしょうか。

**瀬名** 名古屋大学を知ってもらうことを目的にすると、全国的に広めるのは限界があるのではないかと思います。もし、全国的に読んでもらおうとするのならほかの大学の先生にも出たいただいて、「理学の冊子なら名古屋大学が一番だから、理学に興味があるのなら名古屋大学の冊子を読む」というような感じにできればいいと思います。いまは分野が違う先生方にも読んでもらえるクオリティになっていると思います。科学者に読んでもらえる工夫をした方が良いのでは。配付方法については、東北大学の文学部の広報誌は、仙台のjunk堂に置かせてもらっていました。書店で理系の書籍の近くに置いてもらえるといいかもしれませんね。

## 編集作業

**福井** 渡辺さんから、記事によってばらつきがあるというお話がありました。まったくそのとおりで、そこは広報委員が苦勞しているところでもあります。できるだけわかりやすい原稿にするために相当エネルギーを使っています。

**横山** 原稿に関しては私たちが苦勞をしています。そこで2つのケースに分けています。広く学外の方を対象とする『リガクル』という冊子の場合、インタビューによる取材記事にさせていただきます。これに対して『理学部ニュース』は、理学系研究科の教員に執筆していただいています。

**福井** 『理philosophia』も最初の数年間はいろんな方法をテストしました。現在、特集は、理学懇話会という一般の方を対象にした講演会を開き、

その講演録を特集としてまとめています。それでクオリティのコントロールをしています。研究内容を紹介する記事には、もう1つ「理の先端をいく」があり、これは比較的内容が難しくなっています。



**渡辺政隆** *Masataka Watanabe*

独立行政法人科学技術振興機構エキスパート(科学コミュニケーション分野)。1955年生まれ。東京大学大学院農学系研究科博士課程単位取得退学。文部科学省科学技術政策研究所を経て、2008年より独立行政法人科学技術振興機構科学コミュニケーションスーパーバイザー。2009年より現職。専門は科学コミュニケーション、科学史、進化生物学。

**渡辺** 僕は、特集と「理の先端をいく」とでは、「理の先端をいく」のほうがわかりやすいと感じました。少ないスペースで整理されていて、読み終わると「もう少し詳しく知りたい」という欲が出てきます。懇話会は、サイエンスカフェでも陥りやすい学会の講演会になっている場合があって、そうなるとうまくもわかりにくい。ある方から聞いたお話なのですが、その方が自分の先生から、「一般の人に話をするとき8割は皆さんが知っていることをしゃべって、知らないことは2割にしておきなさい。そうでないとみんな寝てしまうから」といわれたそうです。これは雑誌も同じではないでしょうか。

**瀬名** 「講義探検」は学生さんの原稿がうまく書いているのにびっくりしました。そもそも「この学生が文章を書ける学生かどうか」ということを見抜くのが大変です。そういう意味では、先生方がすごくよく学生さんをみていらっしゃるのだらうと思いました。特集記事では、10号の渡邊誠一郎先生と近藤滋先生の「うなぎと地球科学」がおもしろいと思いました。

**戸田山** 私も、その記事はとてもおもしろいと思いました。渡邊先生は地球科学、近藤先生は生物、それぞれのアプローチでうなぎというテーマに絡んでいる。最近はそのような異分野の研究者が交わるような記事が少ないように感じます。初期のころには化学の大峯巖先生に生物の森郁恵先生が話を聞いたりしていましたが、最近ではコラボレーションが少なくなっています。

**福井** そうですね。そういう意味ではマンネリ化している面があると思います。

**齋藤** 分野を超えた交流があると、執筆者も編集者も刺激を受けることができ、やりがいを感じられそうです。情報発信しないといけない時代だから、というのではなく、理学部の方々にとって楽しくて自分のためになるような冊子づくりをしていただけたら、読む側もその雰囲気を感じて、存分に楽しめると思います。

**戸田山** 先ほどの懇話会をもとにした特集の記事はちょっとわかりにくいというお話がありました。それをわかりやすくするためには、いろんなやり方があると思うのです。たとえば懇話会を聞いたほかの先生に異分野からみたコメントを書き添えていただくとか。

**福井** そういう意味では7号は生物の近藤滋先生に「シマウマの向こうに見えるもの」という話をいただいたのですが、関連分野の3名の研究者の方々に講演を聞いてコメントしてもらいました。近藤先生の研究テーマも分野をまたがるような話でしたのでやりやすかったです。

**齋藤** 異分野交流という意味では、講義探検は異分野の学生さんが専門外の講義を聞くところに新鮮味があるのではないかと思います。最近になって取材をした学生の顔写真が出るようになりましたね。

**瀬名** 講義探検はできれば講義風景の写真を掲載したほうがいいですね。

**媒体**

**福井** 広報委員会では、紙媒体としての効果があと何年くらいあるのかという議論もしています。東大のホームページは比較的、更新されていますね。

**横山** そうですね。スタッフ間で役割分担をし、2週間に一度は委員会を開催して運営しています。ホームページに掲載するにあたって印刷物はできるだけHTML化しています。PDFは冊子の形態を組み入れるという利点がありますが、やはり読み手には不便なので、読んでもらいやすいHTML化は重要だと思っています。



**横山広美** *Hiromi Yokoyama*

東京大学大学院理学系研究科准教授。1975年生まれ。東京理科大学大学院理工学研究科博士課程修了。博士(理学)。大学院では素粒子物理学を専攻。東京工業大学大学院特別研究員、総合研究大学院大学上級研究員を経て、2007年より現職。専門は科学広報と科学コミュニケーション。2007年、Web作品のNikon「光と人の物語～見るということ～」で科学ジャーナリスト賞を受賞。

**辻** マスコミにはものすごい量の印刷物が届きます。できればメーリングリストで発行のお知らせをしてもらい、ネットでも閲覧できるようにしてもらえると助かります。

**福井** 『理philosophia』もPDF、HTML両方でアップされていますが、決して見やすくなっていません。一方で冊子自体を紙ではなく電子化してはどうかという議論もあります。媒体に関してはどうか。

**瀬名** ウェブは頻繁に更新することが必要になります。そういう意味では『理philosophia』はウェブに移行しないで、雑誌で残しておいたほうがいいと思います。たとえばウェブサイトは高校生向けとか一般向けにして、何度も見にけるようなものにしたほうがいいのではないのでしょうか。

**戸田山** 僕もこれを紙媒体でなくすると読者を減らすと思います。半年に一度手元に届けていただけなので読んでいますけれども、これが来なくなったときに、更新されたのを確かめに見にくいかというといかなくなってしまうと思います。

**齋藤** 色合いの美しさや手触り、郵便の封を開けるときのワクワク感などをまだまだ楽しみたいですね。HTMLにすると画一的になってしまい、浮世離れた感、のような他の広報誌との違いを出しにくくならないかという点が気掛かりです。

**要望**

**齋藤** 『理philosophia』について、もっとこうすればよくなる、といったご意見はないでしょうか。

**戸田山** 科学コミュニケーションはずっと間違えてきたと思うのです。「若者は理科離れをしている。科学のおもしろさを伝えましょう」と、科学でわかったことの内容のおもしろさ、理論のおもしろさを伝えようとしたわけです。しかし、本当はラボラトリーライフのおもしろさ、研究室でわいわいやることの楽しさを伝えたほうがいいと思います。『動物のお医者さん』という漫画がはやったときに獣医学部の偏差値が上がりました。『もやしもん』というマンガがはやると農学部の偏差値が上がりました。こうしたマンガは別に獣医学や醸造学の成果のおもしろさが描かれているわけではありませんね。研究室とはこんなところで、こんな生活をしているという



**戸田山和久** *Kazuhisa Todayama*

名古屋大学大学院情報科学研究科教授。1958年生まれ。東京大学大学院人文科学研究科博士課程単位取得退学。2003年より現職。科学哲学、科学技術社会論、技術者倫理を専門とし、基礎科学への市民的パトローネージュの確立、科学コミュニケーション論、科学リテラシー論などの研究と実践活動を行う。

ことがリアルに描かれていて、「自分もこんな学生生活を送ってみたい」と思わせる。そういう観点から『理philosophia』に注文をつけるなら、研究現場の写真がもっとあってもよいのでは。たとえば15号の特集で登場した環境学の高野雅夫さんはフィールドワークの人です。自分より少し年上の学生さんたちがその高野さんといっしょにどんな研究生活をしているのかわかるような写真を載せてほしいですね。

**横山** つい最近、学部の学生さんに広報誌でどのような内容が読みたいかという調査をしたのですが、まさに「大学院生がどういう生活をしているのかを知りたい」と多くの学生が書いていました。海外の学会に行くといったことも、学部生にとってはあこがれを感じるのではないのでしょうか。

**渡辺** あと、編集している方の顔がみえるといいかなと思います。デザイナーやイラストレーターの名前が入っていてもよいのでは。

**横山** 『理学部ニュース』は、いま隔月で7000部出しています。この中で連載していた「理学のキーワード」という記事を『東大式現代科学用語ナビ』という本にまとめました。名古屋大学でも書籍化について検討されてはいかがでしょうか。

**目指すもの**

**齋藤** 今後、読者対象をどう考えるべきか、それにあわせて中身を変える必要があるのか、といったお話をうかがえますでしょうか。

**戸田山** あまり広報誌、広報誌していないものをあえてつくるのが広報になっているのだと思います。「クオリティの高い科学雑誌としてもおもしろいものを提供するだけの力量がうちの大学にはあります」ということが間接的に広報になっているのではないのでしょうか。いわゆる広報誌にするよりは、一味違う科学雑誌と考えたほうがいいのではないかと思います。

**横山** そういう考え方自体が理学らしいと思います。

**福井** それこそ「浮世離れた」という感じですね。

**辻** 昨年の事業仕分けをうけて、科学者には「これからは自分たちが何をやっているのかを本気で説明しないと予算はこない」という思いが衝撃波となって広がっていると思います。自分たちは大学で何をやっているのかということと訴えて、社会の理解を得ていかなければいけない時期に来ています。そのとき、一般向けにわかりやすいものを発信することも大切ですが、それだけでなく必ずしも科学に関心がない人を含めて、たとえばオピニオンリーダーのような人にも働きかけることも考えてほしいと思います。

**渡辺** 少子化で、これからは学生が大学や学部を選ぶ時代が来ています。だからといって、学生集めを意識したつくりをすると、かえってつま

らないものになりかねません。「名古屋大学には理学部がある」ということを強くアピールするためにハイクオリティのものをつくり続けるというのは非常に大切だと思います。その点でこの広報誌の志には感銘を覚えます。妥協せずに、中学生や高校生があこがれるようなものであってほしい。

**辻** 直接的な効果は多分なかなかかわからないと思うのです。読んだ人たちが「科学は大事なものだから日本としてしっかり支えていかなければいけない」という世論を少しずつでもつくっていくようなものにしていただきたい。

**瀬名** この広報誌はこのままでいいような気がします。これは知的セレブリティの人のための雑誌だと思うのです。そういう人がこれを読んで、「ああ、いまはこんな最先端の研究が行われているのか」と、思いをはせるような雑誌であってほしい。

**齋藤** 時間を超過してしまいました。皆さん、きょうはありがとうございました。



**齋藤芳子** *Yoshiko Saitoh*

名古屋大学高等教育研究センター助教。1974年生まれ。東京大学大学院工学系研究科博士課程単位取得退学。文部科学省科学技術政策研究所、独立行政法人産業技術総合研究所技術と社会研究センターなどを経て、2006年4月より現職。専門は科学技術社会論。現在は科学技術分野を中心に、専門的人材の育成に関する研究と実践を行う。



「理」philosophiaホームページ <http://www.sci.nagoya-u.ac.jp/kouhou/philosophia.html>



**福井康雄** *Yasuo Fukui*

名古屋大学大学院理学研究科教授。1951年生まれ。東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。理学博士。1996年より現職。専門は電波天文学。現在、南米チリに設置した電波望遠鏡「なんてん」により、南天の星誕生の研究に取り組む。創刊から『理 philosophia』の編集に広報委員長として携わる。

