

冥王星探査機ニューホライゾンは発進できるか？

Cheng, A., 2002, Pluto or Bust. Astronomy, Vol.30, No.5 (May, 2002) 46-49.

20世紀の最後の25年間、ボイジャー探査機によって外部太陽系の印象的な世界が切り開かれた。イオの激しい火山噴火から土星をとりまく複雑なリングにいたるまで、この2つの探査機は科学者でさえ驚かす不思議な世界を明らかにした。

しかし、太陽系の当初の探査が、すべて終わったわけではない。というのは9番目の惑星、冥王星にはまだ探査機が行っていないからである。この状況はまもなく変わるかもしれない。2001年11月、惑星科学者間の公開コンペによって、NASAはニューホライゾズと呼ばれる探査計画を選択した^{注1、2}。この計画は、冥王星ときわめて興味深いカイパーベルトをはじめて探査しようというものである。NASAは2002財務年度、この計画の詳細な研究に対して3000万ドルの予算を認めた。もしも、アメリカ議会がこれに続く2003年に - - これは現段階ではあくまでも「もしも」なのだが - - 予算を与えるとすれば、ニューホライゾズは太陽系に残された最後の未知の領域を解明するに違いない。

1930年にクライド・トンボーがローウェル天文台で冥王星を発見したとき、科学者と一般大衆は冥王星を9番目の惑星だと考えた。しかし冥王星は、ほかの惑星とは少しも似ていなかった。直径は2400kmしかなく、どうみても最小の惑星だった。また、自身の大きさに比べて不相応に大きなサイズの衛星、カロンをもつ。カロンは、1978年ジェームス・クリスティによって発見され、直径は冥王星の約半分の1200kmもある。カロンは冥王星と比べて十分に大きいので、冥王星 - カロン系の質量中心は両者の間にあり、太陽系唯一の二重惑星系をつくり出している。

惑星科学者たちはカロンの発見によって、この不思議な世界のいくつかの特徴を知ることができた。どちらの天体も平均密度は約2g/cm³で、主に岩石と水の氷からできている。冥王星の表面は窒素・アンモニア・一酸化炭素・水などの明るい氷によって覆われているようである。冥王星には薄い大気があるが、これは冥王星が楕円軌道の太陽に近い部分にあるとき、太陽光によってこれらの氷の一部を蒸発させているらしい。

冥王星：似たものがない奇妙な惑星

冥王星は、太陽系でユニークな存在である。内部太陽系は4つの岩石質の地球型惑星 - 水星、金星、地球、火星 - からなり、太陽から0.4~1.5天文単位をまわっている。火星のすぐ外側には小惑星帯がある。さらにその外側には、4つの巨大なガス惑星（木星、土星、天王星、海王星）が5~30天文単位の範囲に2番目の領域をつくっている。

大きな離心率をもつ冥王星の軌道は、30天文単位のすぐ内側（海王星よりも太陽に近い）から

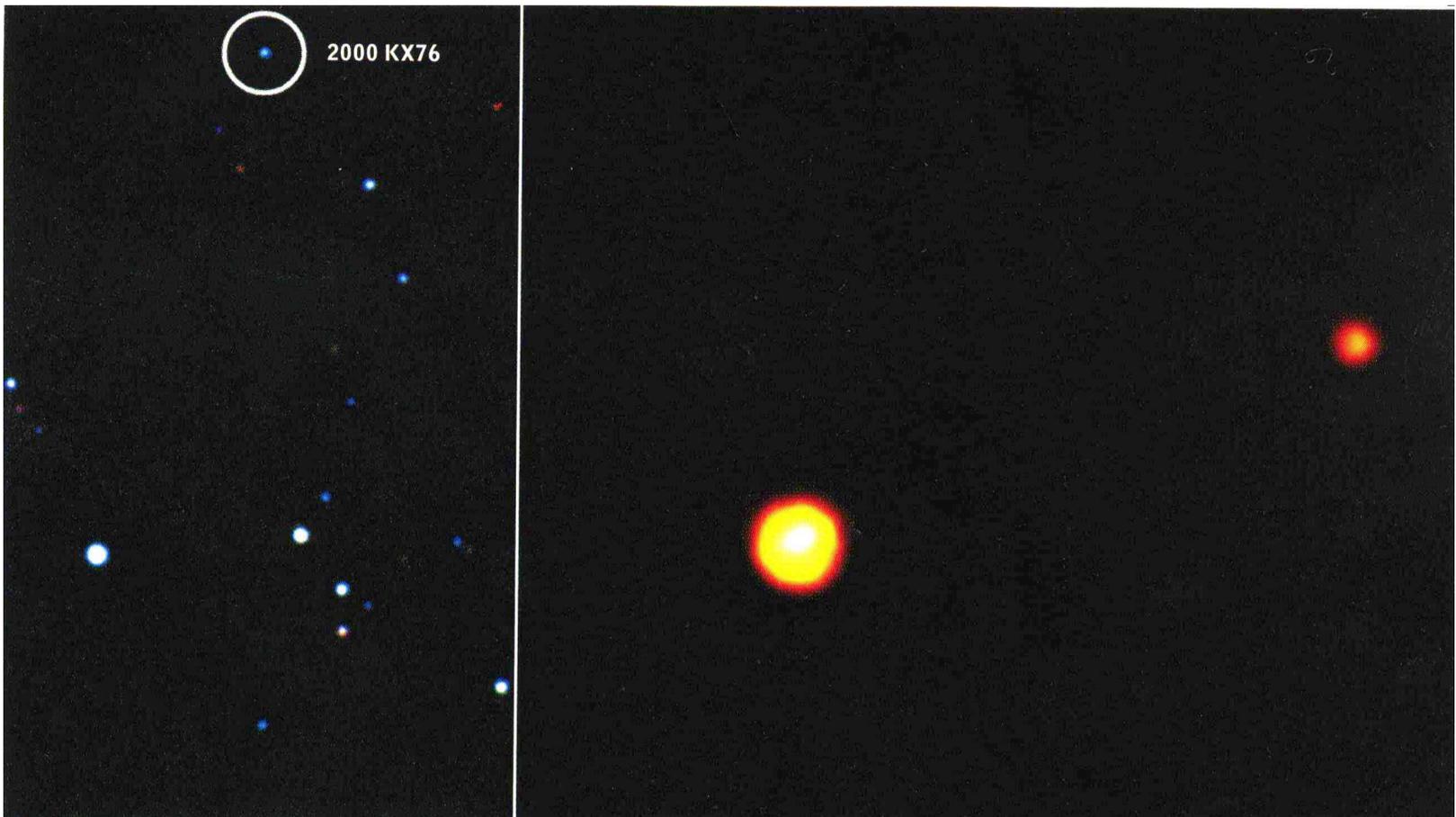


図1 遠くまた小さいので、冥王星、カロン、カイパーベルト天体についてはほとんどわかっていない。この画像は、地上から得られた冥王星とカロン（右）とカイパーベルト天体（左）の最良の画像で、私たちが無人探査機を送らなければ、どうしようもないことを物語っている。

約 50 天文単位にまで変化する。惑星研究者たちは、冥王星の軌道を占める広大な領域を海王星以遠領域 (trans-Neptunian region) と呼んでいる。この領域には莫大な数の氷天体が分布し、カイパーベルトをなしている。1992年にデイヴィッド・ジュイットとジェーン・ルーが最初のカイパーベルト天体 1992QB1 を発見して以来、500 個以上のカイパーベルト天体が発見されている。カイパーベルト天体数は、小惑星帯の天体数をはるかに凌駕し、直径 50km 以上の天体の数が小惑星帯の約 1000 個に対して約 10 万個もあると推定されている。

惑星科学者たちは、カイパーベルトの氷天体は、太陽系形成の残りかすではないかと考えている。また冥王星とカロンは成因的にカイパーベルト天体に関係しており、冥王星は、海王星以遠領域で凝縮したカイパーベルト最大の天体ではないかと推測している。冥王星は、①惑星としてのユニークさと②太陽系の起源での役割がまだ不可解なカイパーベルト天体との関連の2つにおいて重要なのである。

冥王星 - カロン系は、カイパーベルトとともに太陽系の第3の領域を構成し、今まさに探査がはじまろうとしている。ニューホライズンズ探査機はこの目的のために、計画されたのである。Southwest Research Institute のアラン・ステルンを主任研究員として Johns Hopkins 大学応用物理研究所 (APL)、Ball Aerospace、NASA Goddard 宇宙飛行センター、Stanford 大学の他、10 数の研究機関の科学者たちによってチームは構成される。

冥王星に向かって

ニューホライズンズ探査機は 2006 年 1 月に打ち上げられ、2007 年 3 月に木星のスイングバイ

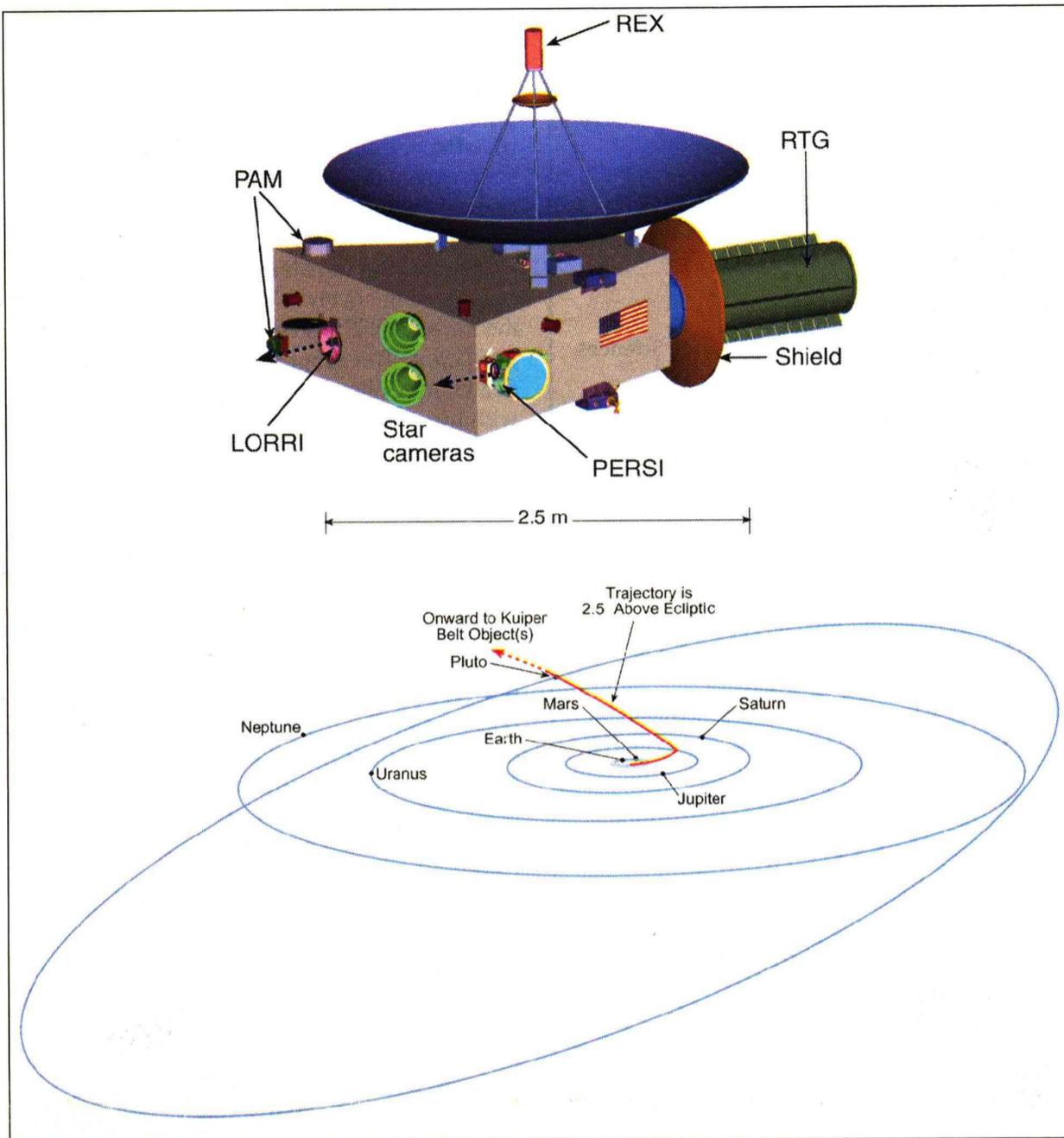


図2 上はニューホライズンズ探査機と主な観測機器。高利得アンテナの直径は2.5mある。下の図は冥王星の軌道とニューホライズンズ探査機の軌道。

を受ける。木星の重力アシストによって、探査機は2015年または2016年に冥王星に送り込まれる^{注3、4)}。冥王星 - カロン接近の5年後、3つのカイパーベルト天体に接近通過する予定である。ニューホライズンズ探査機は強力な観測機器を備えている。PERSI リモートセンシングパッケージは可視・赤外・紫外波長でマッピングをおこなう。REX 放射計では地球との交信とともに、大気と表面温度の測定をおこなう。PAM では冥王星近傍のプラズマと高エネルギー粒子の分析をおこなう。LORRI 望遠カメラは非常に高分解能で、最接近時にはボイジャー探査機が海王星の衛星トリトンを撮影したよりも数倍も高分解能の画像を撮影する。

冥王星 - カロンの探査は、ニューホライズンズ探査機の冥王星接近の6カ月前から開始され、最接近の前後それぞれ75日間には、ハッブル宇宙望遠鏡で現在得られている画像をしのぐ画像が送られてくるはずである^{注5、6)}。ニューホライズンズ探査機は、冥王星 - カロンの昼半球を分解能1km以上で、最高ではフットボール場（分解能100m）を見分けることができるほど高分解能で、地質をマッピングする。また、表面の氷の組成・温度、希薄な大気温度・構造なども測定する。その後、ニューホライズンズ探査機は、同様な測定をするために、最大で3個のカイパーベルト天体へと向かう。

ニューホライズンズ計画で直面している最大の難問は、それが地上から離陸できるかどうかで

表1 ニューホライズンズ探査機に搭載される観測機器

Instrument	Type	Sensor Characteristics
PERSI	Remote sensing suite	MVIC (panchromatic and four-color CCD imager, 0.4–1.0 microns, 20 microradians/pixel), LEISA (near infrared imaging spectrometer, wedged filter, 1.25–2.5 $\lambda/\Delta\lambda = 600$ for 2.1–2.25 microns and 300 otherwise, 62 microradians/pixel), and ALICE (UV imaging spectrometer, 500–1850 Å, spectral resolution 3 Å, 5 milliradians/pixel)
REX	Uplink radio science passive radiometry	Signal/noise power spectral density 55 db-Hz; ultrastable oscillator stability 1×10^{-13} in 1 second samples. Disk-averaged radiometry to ± 0.1 K.
PAM	Plasma and high energy particle spectrometers	SWAP (solar wind plasmas up to 6.5 keV, toroidal electrostatic analyzer and retarding potential analyzer), and PEPSSI (ions 1–5000 keV and electrons 20–700 keV, time-of-flight by energy to separate pickup ions)
LORRI	High resolution imager	Panchromatic, narrow angle CCD imager, 0.30–0.95 microns, 5 microradians/pixel

表2 ニューホライズンズ計画の冥王星、カロン、カイパーベルト天体の探査目標

Group 1: Required by the NASA PKB AO

- Characterize the global geology and morphology of Pluto and Charon
- Map surface composition of Pluto and Charon
- Characterize the neutral atmosphere of Pluto and its escape rate

Group 2: Highly Desired by NASA PKB AO

- Characterize the time variability of Pluto's surface and atmosphere
- Image Pluto and Charon in stereo
- Map the terminators of Pluto and Charon with high resolution
- Map the surface composition of selected areas of Pluto and Charon at high resolution
- Characterize Pluto's ionosphere and solar wind interaction
- Search for neutral species including H, H₂, HCN, and C_xH_y, and other hydrocarbons and nitriles in Pluto's upper atmosphere
- Search for an atmosphere around Charon
- Determine bolometric Bond albedos for Pluto and Charon
- Map the surface temperatures of Pluto and Charon

Group 3: Cited as Desirable in the NASA PKB AO

- Characterize the energetic particle environment of Pluto and Charon
- Refine bulk parameters (radii, masses, densities) and orbits of Pluto and Charon
- Search for additional satellites and rings

(図2と表1、2は Stern, A., 2002aによる)

ある。2002 財務年度では計画を進行するために 3000 万ドルの予算が認められているが、ブッシュ政権は 2003 財務年度に追加の予算を要求してはいない（惑星科学全体に対する予算は増加しているにもかかわらずである）。ニューホライズンズ計画の運命ははっきりしないが、10 年以上もこの計画にたずさわってきた私たちはのぞみを残している。

将来の歴史学者は、私たちの時代の太陽系無人探査を一つの偉業として評価してくれることだ

ろう。私たちの知識圏は、以前には望遠鏡でぼんやりしか見えなかった数十もの惑星や衛星にまで及ぶことになった。ニューホライズンズ探査機によって、初めて冥王星、カロン、カイパーベルト天体の詳細を見ることができれば、私たちは、この知識圏をさらに広げることになるだろう。

紹介者注

著者の Andrew Chen は Johns Hopkins 大学応用物理研究所の研究者で、ニューホライズンズ計画のプロジェクト科学者である。ニューホライズンズ計画は話題に富んだものなので、次の2つにも掲載されている。

Stern, A., 2002a, NASA Plans Pluto-Kuiper Belt Mission. *Eos*, Vol.83, No.10 (5 March 2002),101-109.

Stern, A., 2002b, Journey to the farthest planet. *Scientific American*. Vol.286 , No.5 (May 2002), 38-45.

また詳しい情報はホームページ <http://pluto.jhuapl.edu> でみることができる。

今回訳出したのは商業天文雑誌 *Astronomy* に掲載されたほぼ全文であるが、説明不足と思われる部分は上記の2つの記事を参考に注をつけた。

- 注1) 2001年1月、NASAは冥王星 - カイパーベルト天体ミッション提案の募集をおこなった。6月、提出された提案書から2つのミッション研究チームが選出され、最終的には12月にニューホライズンズ計画が勝ち残った。このような競合によって外部太陽系の探査計画が選ばれたのは、はじめてのことである。この結果、2000年に許容限度を超えたコストの上昇によってキャンセルされた Pluto-Kuiper Express よりもはるかに安上がりで科学的な成果の期待できる計画となった。
- 注2) ニューホライズンズ探査機の重量は、290 m/s の推進剤を含めて 463kg である。探査機の設計は APL の ディスカバリー / コントゥアー探査機の設計を大きく踏襲している。コントゥアーは2002年6月に打ち上げられるマルチプル彗星探査機で、その一部は2001年に打ち上げられた APL の TIMED 地球軌道衛星をもとにしている。コントゥアーの設計を受け継ぐことで、22%の重量(燃料を除く)軽減と、冥王星への接近時に20%の余裕出力をもつことができ、さらに2020年までに冥王星 - カロンに接近しなければならないという NASA の要求も守ることができる。
- 注3) ニューホライズンズ探査機は、2007年初めに木星系を4カ月にわたって集中観測する。最接近は2007年3月でこのとき木星との距離は 43 ± 5 木星半径、これはカッシニの2000~2001年フライバイの3倍も接近することになる。この接近は、長期間にわたる木星大気とオーロラのダイナミクス、ガリレオ衛星、木星磁気圏を観測する好機となる。木星から冥王星への途中で、ニューホライズンズ探査機はカイパーベルトからの逃亡天体(ケンタウロス天体と呼ばれる)に接近する可能性があるが、これは地上から探査機の軌道付近に適切な目標天体が見つけれられるかどうかにかかっている。
- 注4) 冥王星は大きな軌道離心率と自転軸の傾きのため、季節変化が大きい。これが原因となって太陽から離れていく2020年頃には大規模な大気の消失が予想される。このため2020年までに冥王星に接近することが NASA の要求事項であった。
- 注5) このことは最接近時での最適な観測ができるように立案すること、時間的に変化する現象、たとえば揮発性元素の移動や気象学などのように刻々と移り変わる現象を研究することに役立つ。
- 注6) 冥王星 - カロン系は自転周期6.4日でゆっくり回っているため、最接近時には PERSI リモートセンシングパッケージで昼側半球のみしか撮影できないという問題があった。しかし LORRI 望遠カメラでは、最接近時には PERSI で撮影できない残りの半球を、遠くから40kmの分解能でマッピングすることでこの問題を解決している。

(白尾元理)

論文紹介

宇宙の石炭を掘る

Kwok, S., 2002, Mining for cosmic coal. *Astronomy*, Vol.30, No.6 (June 2002), 46-50.

化石燃料はその名が示すように、植物や動物の遺体が地層に埋もれ、長年の間に熱と圧力で分解して生成したものだと思われている。それらは気体（天然ガス）、液体（石油）、固体（石炭）などいろいろな形をとり、一般に大陸棚ぞいの堆積盆地に見出されている。

化石燃料が生物起源であるという考えは、すでに19世紀後半から現れ、それは地球の地殻に限定して存在するものとみられてきた。この考えに挑戦したのが、コーネル大学の天文学者 Tomas Gold である。彼は、地球に存在する炭化水素は星間雲起源であり、隕石や彗星によって地球に運ばれてきたものだとして1977年に主張した。もし星間雲から生まれた原始太陽系星雲に、炭化水素がすでに存在していたならば、われわれの惑星は成長とともに炭化水素を内部に貯えてきたであろう。とくに天然ガスのような気体の炭化水素は、地殻の下のもっと深部にまで存在するにちがいないと考えたのである。この Gold の仮説を支持するような証拠は1970年代にはなかったけれども、最近の天文学上の観測は、かれの説への信頼すべき証拠をもたらしつつある。

分子を生み出す老齢の星たち

炭化水素は主として水素と炭素から成り立っている。このうち水素は宇宙の初期に生まれたが、炭素は星の内部でつくられる。太陽に似た質量の星は、老齢になると外層部は膨張して赤色巨星になるが、中心核はより高温高密度になり、ヘリウム原子から炭素が合成される。星の最期の100万年間にこれらの炭素原子は外部に流れ出し、外層部へ広がることがある。このような星は「炭素星」とよばれる。

最近になって、これら老齢の炭素星で、炭素原子から分子が形成されていることがわかってきた。1970年代初頭、高感度の電波望遠鏡によって、炭素星に単純な分子の一酸化炭素（CO）が発見された。しし座 CW 星（CW Leonis）では、毎秒 10^{12} トンの一酸化炭素がつくられ、宇宙空間に放出されている。しし座 CW 星はいままさに銀河系を汚染しつつあるわけで、このような星は他にもたくさん存在している。

炭素星には現在50種類以上もの分子が探知されている。それには、ポリアセチレンラジカル（ C_6H 、 C_8H ） cyanopolyynes（HCN と HC_3N に似る） sulfuretted chains（ C_2S 、 C_3S ）のような有機物分子がある。また最大の分子 HC_9N は分子量が123で、最も単純なアミノ酸であるグリシンの約2倍の分子量をもっている。これらの奇妙な分子は、その母星から信じられないほどの高い割合で放出されているのだ。このことから天文学者たちは、炭素星がたいへん能率的な有機化学工場であることをしづしづ認めるようになっている。

惑星状星雲で生まれる芳香族炭化水素

さらに驚くべきことがわかってきた。1977年カリフォルニア大学サンディエゴ校の3人の天文学者が、NASA カイパー 空中天文台の赤外線望遠鏡による観測で、惑星状星雲 NGC8027（し

し座 CW 星に似た炭素星から生まれた星雲) にいくつかの不可解なスペクトル線を発見した。これらは既知のどの原子や分子にも合わないので、Unidentified Infrared features (UIR) と名づけられたが、その正体はしばらく不明のままであった。

1981 年になって、ヨーク大学の W. Duley とマンチェスター大学の D. Williams は、これら UIR が環状構造をもつ芳香族炭化水素ではないかと唱えた。当時、このような複雑な有機物分子が深宇宙に存在するなどとは、信じられないことだったので、多くの研究者たちは懐疑的であった。しかし 20 年たった現在、多くの観測で UIR の芳香族化合物説は受け入れられるようになった。ただしその正確な構造はまだよくわかっていない。現在われわれが知り得ているのは、これらの奇妙な分子が、水素と炭素の 100 以上の原子からなりたっているらしいということである。

芳香族化合物が炭素星には見られず、惑星状星雲で探知されたということは、これらの化合物が、炭素星から惑星状星雲に移行する過程の、拡散する雲の中でつくられたことを意味する。星の進化論によれば、炭素星の段階から惑星状星雲の段階に移る期間は、たったの数千年である。このことからこれら芳香族化合物は、天文学的にはきわめて短い時間で単純な分子からつくられたにちがいない。

芳香族化合物が形成される過程をいっそう精密にしらべるためには、炭素星と惑星状星雲の移行期の天体(いわば始源的惑星状星雲)を研究することが有用である。しかしこのような天体は進化が急速にすすみ、わずか数千年しか存在しないので、観測でとらえることがむずかしい。それでも現在、約 30 の始源的惑星状星雲が発見されている。

宇宙にみつかった石炭類似物

1995 年にヨーロッパ宇宙機関 (ESA) は、赤外線宇宙天文台衛星 (ISO) を打ち上げた。この衛星による始源的惑星状星雲の観測の結果、予想以上に豊富なスペクトルの特徴がみられ、とくに芳香族の環に脂肪酸の鎖がついた化合物が発見された。このことに大きな関心をいただいたフランスの R. Papoular たちのグループは、この観測データが石

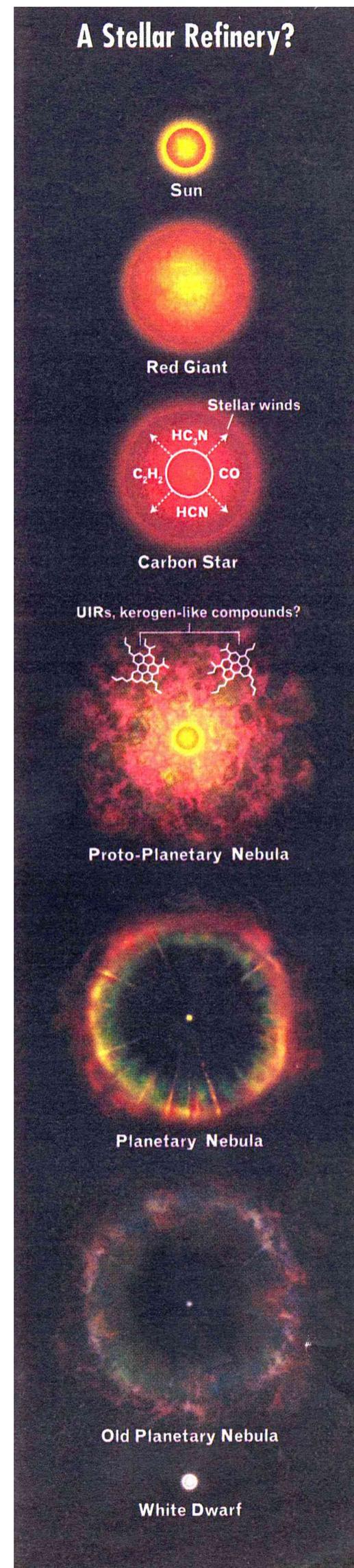


図1 太陽に似た星の進化と有機物分子の形成

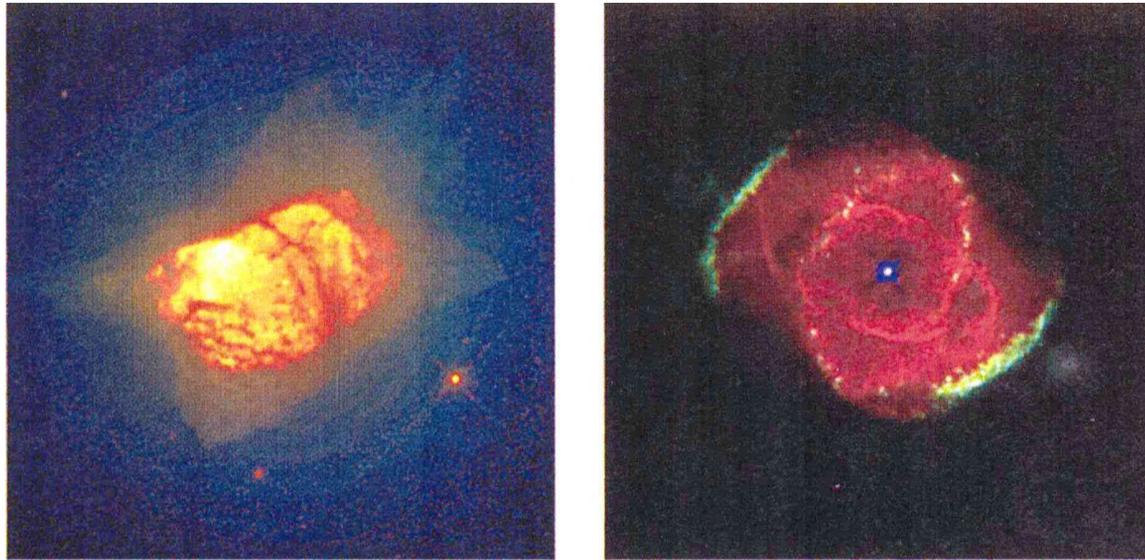


図2 ハッブル宇宙望遠鏡がとらえた惑星状星雲 NGC7027(左)と NGC6543(右)。この輝きのなかに石炭状物質が存在するかもしれない。

炭の示すスペクトルと驚くほど似ていることに気付いた。石炭は、芳香族の環と脂肪酸の鎖の混合物から成り立っている。彼らはとくに、いくつかの観測結果がケロジェン（不溶性のタール状有機化合物）に関係しているのではないかと考えたが、これは最初は信じがたいことのように思えた。なぜなら、石炭をつくり出したと考えられる地下の高圧の環境と、宇宙の低圧の環境とはまったくかけ離れたものだからである。そのうえ、黒い汚らしい物質が、こともあろうに明るく輝く天体から生まれ出たなどとは、美学的に不愉快なことのように思われたのだ。

しかしながら、天文学的観測と実験室の測定によるスペクトルの類似性は疑いようがなく、われわれが観測したミステリアスな物質が石炭そのものではないとしても、それに似た何物かであることはまちがいないと信じられるのである。Duley は、グラファイト（石墨）にレーザーを照射して、水素化アモルファス炭素（HAC）という合成物質をつくり出したが、それはまた、観測で得られたスペクトルの特徴とよく似ている。HAC は水素や窒素などの不純物を含む点が石炭と異なるが、化学的構造はよく一致する。同じころ日本の研究者たちは、石炭に似たもう1つの人工物質 quenched carbonaceous composite（QCC）を合成した。QCC は、始源的惑星状星雲の赤外スペクトルに豊富にみられる芳香族/脂肪酸のいくつかの特徴を示すことが注目される。

これまでみてきたことからわかるように、死の段階にある星は、複雑な有機物を大量につくり出している。それらが、石炭、HAC、QCC のいずれであるのか、それはまだ明らかではない。とはいえ、複雑な有機物分子の生成が、もはや地球上だけのことでないのは確かである。

地球の炭化水素はどのくらいあるのか

地質学界はいまなお、Thomas Gold の化石燃料非生物起源説に冷淡である。地球形成期のはげしい衝突と高温で、始源的な炭化水素は生き残れなかつただろう、というのが反対論拠の1つになっているからである。Gold は、地球深層ガス説を初めて唱えたとき、単純な炭化水素の存在だけを考えた。その当時、星がケロジェンのような複雑な有機物をつくり出すことなどは、知られていなかったのだ。しかしいまは違う。ケロジェンのような固体化合物は、地球誕生時のはげしい物理的過程を生き抜いたかもしれないのである。原始地球の密航者のケロジェンからは、揮発成分の逃散によって石炭が形成されたかもしれないし、ケロジェンの分解によって石油も生成しただろう。両過程を通して天然ガスも形成される。

地球の石炭、石油、天然ガスの埋蔵量は、宇宙起源の有機物で十分に説明できるだろうか。すでに見たように、複雑な炭化水素は星の進化過程で日常的につくり出され、星間空間に大量に放出される。われわれの見積もりによれば、炭素星は毎年銀河系内に、太陽質量（地球の約30万倍）に相当する量の有機物を放出している。これらのうちのいくらかがケロジェンかHACのような有機物だとしても、それらは銀河系の数十億年の歴史の間には、地球質量の 10^{12} 倍以上というたいへんな量になるだろう。原始太陽系星雲はこれらの有機物を、地球質量の1000倍のオーダーでもっていた可能性がある。

地球はわれわれにとって巨大に見えても、銀河系のスケールからすれば塵の一粒にすぎない。地球の地殻中に存在するケロジェン、石炭、石油、天然ガスに含まれる炭素の総量は、地球質量の 10^{-6} ほどであるから、地球外有機物のうちのごく少量でも、われわれの知っている化石燃料の量を容易にしのごことになるだろう。

紹介者付記

この意表をついた表題の論文は、Astronomy誌2002年6月号に掲載された解説論文である。宇宙の有機物にかんする近年の観測と研究の成果が興味深くのべられているので、ここにそのほぼ全文を訳出紹介した。著者のSun Kwokは、カナダのカルガリー大学天文学教授。「The Origin and Evolution of Planetary Nebulae」Cambridge Univ. Press, 2000などの著書がある。

宇宙の有機物分子は、すでに星間雲（暗黒星雲）中に星間分子として多数発見されている。しかし、星の誕生の場でもあるこのような星間雲の他に、星の死の段階を示す赤色巨星や惑星状星雲でも大量に有機物がつくられているというのは、非常に興味深いことである。こうした事実は一般にはあまり知られていないように思われるので（私の不勉強のせいかもしれないが）、ここでぜひ紹介したいと考えたしだいである。

本文中に引き合いに出されているトーマス・ゴールドの化石燃料無機起源説は、異端の学説として近年広く知られるようになっていく。細部についてはいろいろと問題点はあるが、私はたいへん魅力的で重要な問題提起を含む学説だと思っている。くわしくはゴールド自身の次の2つの著作を参照されたい。Thomas Gold, 1987, Power from the Earth: Deep Earth Gas-Energy for the Future. J.M. Dent & Sons, London.

（邦訳 脇田宏監訳、1988、「地球深層ガス - - 新しいエネルギーの創生」, 日経サイエンス社, 2500円）

Thomas Gold, 1999, The Deep Hot Biosphere. Copernicus, an imprint of Springer-Verlag New York, Inc., New York. (邦訳 丸武志訳, 2000, 「未知なる地底高熱生物圏 - - 生命起源説をぬりかえる」, 大月書店, 3800円)

（小森長生）

星間氷類似化合物の光分解によるラセミ化アミノ酸の生成

Bernstein, M.P., 他4名, 2002, Racemic amino acids from the ultraviolet photolysis of interstellar ice analogues. Nature, 416, 401-403.

惑星系形成の舞台となった星間分子雲中の極低温（ $<50\text{K}$ ）環境では、塵粒子は氷の薄層でおおわれていると考えられる。この氷は、アモルファスな H_2O に CO 、 CO_2 、 CH_3OH 、 NH_3 などが混合したもので、宇宙空間ではこのような物質への星からの紫外線照射によって、各種の有機物化合物が形成される。炭素質コンドライトや彗星、惑星間塵などに含まれる有機物分子の多

くは、これら星間雲に由来するものと考えられる。

隕石中の有機物分子が星間雲起源であるとみられる有力な証拠は、それらが重水素(D)に富んでいることである。低温の濃い分子雲中では重水素が多く、ホルムアルデヒドやアンモニアのようなアミノ酸前駆体を含む星間分子雲中のガス相のD/H比は高い。しかし一般には、隕石中のアミノ酸や水酸基は、母天体の小惑星や彗星上で、液体の水と分子との反応でつくられたものと、いまなお信じられている。マーチソン隕石では、それに含まれる液体の水は明らかに重水素にとぼしいが、隕石中のアミノ酸のD/H比はまわりの水よりは高い。このことは、アミノ酸が星間雲起源であり、重水素に富むプレソーラー氷粒子での光化学反応の必然的結果だと考えれば納得がいく。

そこで著者たちは、星間雲ガスと似た組成の物質として、 $\text{H}_2\text{O} : \text{CH}_3\text{OH} : \text{NH}_3 : \text{HCN} = 20 : 2 : 1 : 1$ の混合物の氷フィルムを、星間空間に似た15K、 10^{-8} torrの環境下におき、紫外線を照射した。氷フィルムは加熱とともに昇華したが、あとに残留物がのこったので、これをガスクロマトグラフィー・マススペクトロメトリー(GS-MS)と、高精度の液体クロマトグラフィー(HPLC)によって分析した。その結果、加水分解前の残留物にN-フォルミルグリシン、シクロセリン、グリセロールが、また加水分解後の残留物にはグリシン、アラニン、セリン、グリセロール、エタノラミン、グリセリン酸が生成しているのが探知された。このうちアミノ酸のほとんどは、L型とD型が等量混合したラセミ体であった。また、生成したアミノ酸のD/H比は星間雲に似て高い。

最近の注意深い測定によると、隕石中の非生物起源アミノ酸はL型がやや過剰である。このことはまた、隕石母天体上で液体の水による反応でアミノ酸が生成したという説明を困難にする(なぜならば、このような環境で天然に生成するアミノ酸はラセミ体となるからである)。しかし、ラセミ体として生成したアミノ酸は、円偏光紫外線が照射されると鏡像選択をおこし、L型が過剰になることが実験的に証明されている。実際、オリオン分子雲(OMC-1)では、円偏光紫外線の放射が観測されているので、宇宙でもアミノ酸の鏡像選択がおこっているものと考えられ、その結果が隕石中のアミノ酸のL型過剰に結びついてくる可能性が大きい。

以上のことから、巨大な濃い星間分子雲こそが、普遍的な有機化学反応の場であるといえる。星はこのような雲から生まれたので、ここで生成したアミノ酸は惑星にも運びこまれ、生命誕生の材料となったのだろう。

紹介者付記

これは、隕石中のアミノ酸が星間雲起源であることを実験から類推した、興味深い論文である。著者はSETI研究所とNASA エームズ研究センターの科学者たち。なお本論文掲載のNatureの同じ号には、同様な実験をおこなったもう1つのグループ(オランダ、フランス、ドイツ)による次の報告もある。

Munoz Caro, G.M., 他 8名, 2002, Amino acids from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogues.

Nature, 416, 403-406.

こちらのほうは、星間雲類似物として $\text{H}_2\text{O} : \text{CH}_3\text{OH} : \text{NH}_3 : \text{CO} : \text{CO}_2 = 2 : 1 : 1 : 1 : 1$ の組成の氷をつくり、紫外線照射で16種類のアミノ酸が生成したことを確かめたという。そして、星間雲でのアミノ酸の生成はごく普通のことであり、これら生命の前駆分子が彗星や隕石によって地球に運ばれ、生命誕生に寄与したのではないかと述べている。

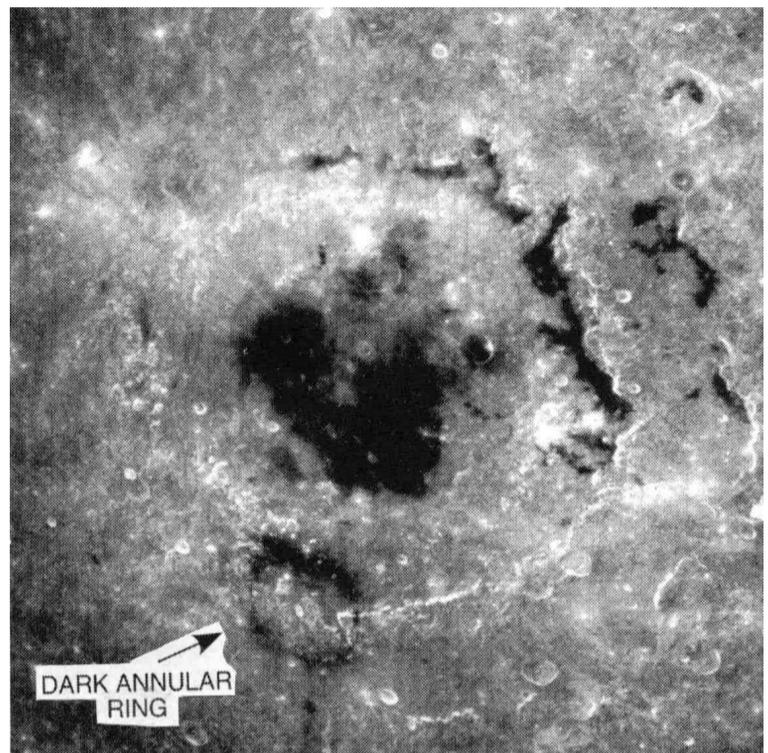
(小森長生)

論文抄録

オリエンタレベイスン南西部の暗いリング構造：1回の噴火による火砕物質

Head, J.W., Wilson, L., and Weitz, C.M., 2002, Dark ring in southwestern Orientale Basin: Origin as a single pyroclastic eruption. *Jour. Geophys. Res.*, Vol.107, No.E1, 1-16.

月のオリエンタレベイスン南西部のLook山脈にそって直径154kmの暗いリング構造があることは、ソ連のゾンド8号によって発見されていた。今回、クレメンタインの紫外-可視マルチスペクトル画像解析で、この暗い物質はアポロ宇宙飛行士によって採取された火砕ガラスによく似ており、長さ18km、幅7.5kmの細長い凹地から割れ目噴火によって噴出したものであることがわかった。さらにモデル計算によって噴火のメカニズムと噴火期間などを推定した。(S)



玄武岩質隕石の母天体はベスタだけではない

Yamaguchi, A., 他9名, 2002, A new source of basaltic meteorites inferred from Northwest Africa 011. *Science*, 296, 334-336.

玄武岩質エコンドライトのユークライトは、その化学的、鉱物学的性質から、4番小惑星ベスタが起源だと考えられている。最近サハラ砂漠で発見された Northwest Africa 011 (NWA011) 隕石は、その鉱物組成、化学組成、希ガス組成がユークライトとよく似ている一方、酸素同位体比組成はユークライト一般のものと全く異なっている。希土類元素の分布パターンも異なり、FeO含有量などはユークライトよりも多い。このことから、NWA011の母天体はベスタとは別のものだと考えられる。ベスタとは別の、しかしそれに似た天体は、いくつも存在するのかもしれない。(K)

連星系をつくるカイパーベルト天体1998WW31

Veillet, C., 他 8名, 2002, The binary Kuiper-belt object 1998WW31. *Nature*, 416, 711-713.

1998年11月にキットピーク国立天文台4m鏡で発見されたカイパーベルト天体1998WW31(太陽からの平均距離45AU、公転周期約300年)は、その後のカナダ-フランス-ハワイ3.6m鏡とハッブル宇宙望遠鏡による追跡観測の結果、特異な連星系を形成していることがわかった。伴星(B)は周期570日、離心率0.8、長半径約22300kmの細長い楕円軌道で主星(A)を回っており、冥王星-カロン系とは大きく軌道の様相が異なる。平均密度1~2g/cm³、アルベド0.05~0.08、直径はA/B比1.2、Aが100km余、と推定される。連星(二重惑星)系をなすカイパーベルト天体は、この他に次の6つが現在知られている。2001QT297, 2001QW322(以上地上の望遠鏡で発見)、1999TC36、1998SM165、1997CQ29、2000CF105(以上ハッブル宇宙望遠鏡で発見)。(K)

火星の風化した玄武岩は安山岩的スペクトルを示す

Wyatt, M.B., and McSween Jr, H.Y., 2002, Spectral evidence for weathered basalt as an alternative to andesite in the northern lowland of Mars. *Nature*, 417, 263-266.

火星周回軌道上からの熱放射スペクトロメーター(TES)の観測によると、火星表面の組成には玄武岩質と安山岩質の2つのタイプがあり、前者は年代の古い南半球高地に、後者は若い北半球低地帯に対

応している。しかし、火星の地質学的進化の現在の知識からみると、火星に大量の安山岩が存在するとは考えられない。著者らは新しい考えで火星表面の鉱物組成を検討し直し、風化した玄武岩のガラス成分が安山岩のガラス成分とよく似たスペクトルを示すことを明らかにした。このことから、北半球低地帯の物質は風化・変質した玄武岩であり、その分布範囲がかつての海の地域と重なることから、海水中で変質した玄武岩か、それに由来する堆積物であろうと考えられる。 (K)

INFORMATION

小惑星エロスの探査成果刊行される

NEAR シューメーカー探査機による、433 番小惑星エロスの探査結果が、「Icarus」 Vol.155, No.1 (Janu.2002) の特集号として刊行された。エロスの形態、運動、画像解析、表面地形、表面物質の組成や性質などについて、16 編の論文が集められている。これらの中で注目すべき成果は、改めて紹介したい。

2001 マーズオデッセイの火星地下氷探査

昨年 10 月 24 日に火星に到着したマーズオデッセイ探査機は、その後の軌道修正で高度 400km、周期 2 時間の円形極軌道に落ちつき、今年 2 月 19 日から本格的なマッピングを開始した。その最初（第 1 週）の成果として、火星地下氷の存在をガンマ線スペクトロメーター（ガンマ線センサー、中性子スペクトロメーター、高エネルギー中性子探知器の組み合わせ）でつきとめた。とくに南緯 60° 以上の南極地域には水の氷が集中的に分布する。氷の深さは表面下数 cm から数 m の間と考えられる。

2002 年「惑星科学夏の学校」のお知らせ

主に学部 4 年生と修士の大学院生を対象に、自然豊かな環境で惑星科学を広く俯瞰し、学んでいく場です。他大学の同分野の学生方と議論に励んでいただくと同時に親睦を深めていただきたいと思います。たくさんの方々の参加をお待ちしております。

開催日：7 月 20 日（土）～ 23 日（火）

場 所：熊本県天草青年の家

テーマ：太陽系天体 ～ 21 世紀の惑星科学

参加講師：秋山演亮（東大）、石黒正晃（宇宙研）、北村良実（宇宙研）

田中隆（通信総研）はしもとじょーじ（東大）

申込締切：7 月 5 日

問い合わせ：ss2002@harbor.scitec.kobe-u.ac.jp

詳しくはホームページ <http://harbor.scitec.kobe-u.ac.jp/info/ss2002/index.html> をご覧下さい。

第 35 回「月・惑星科学シンポジウム」のお知らせ

月・惑星科学の分野において、わが国における最近の進歩はめざましいものがあります。本シンポジウムではそれらを反映した月・惑星の起源、進化、環境などの関連した研究成果が報告されます。

場 所：宇宙科学研究所本館 2 階会議場（相模原市由野台 3-1-1）

日 時：7 月 31 日（水）～ 8 月 2 日（金）

問い合わせ：水谷仁（電話 042-759-8515）、加藤學（電話 042-759-8369）

編集後記：本号では巻頭でニューホライズンズ計画をとりあげました。2006 年に打ち上げられ、10 数年以上も宇宙空間を飛行して冥王星に接近し、さらにその 5 年後にはカイパーベルト天体をめざす壮大な計画で、フロンティアをめざすという米国の意気込みが感じられます。しかし計画の成功には、20 年以上も正確に作動するようなシステム作りが不可欠です。そのためにはボイジャー等の惑星探査機の経験が生かされているようで、米国の惑星探査の経験の豊かさを感じざるをえません。 (S)