

サイエンス・プラザ

明らかになった冥王星の驚くべき素顔

国立天文台副台長

渡部 潤一

2015年7月14日、アメリカの惑星探査機ニューホライズンズが冥王星に接近し、その素顔を明らかにした。そこには驚くほど活発な活動があったと推定される証拠が次々と見つかった。これらは多くの研究者の予想を覆すものだった。太陽系の最果ての天体という知名度もあって、多くの方が報道でも目にされたことだろう。データはいまでも探査機から地球に送られ続けているのだが、明らかにされた冥王星の素顔について紹介する。

<最果ての惑星：冥王星>

冥王星は最果ての惑星として、1930年アリゾナ州フラッグスタッフにあるローエル天文台のクライド・トンボーによって発見された天体である。20世紀に入り、写真技術が天文学に応用され、肉眼では見えないような微かな暗い天体の観測が可能になった。それまでの惑星の発見はすべてヨーロッパだったため、この発見に新大陸アメリカ

は大騒ぎとなり、ディズニーの犬のキャラクターであるプルートや、元素番号94番のプルトニウムが生まれた。その後、長い間、惑星としての地位を保ち、「水金地火木土天海冥」という覚え方での最後として、太陽系の第九惑星であり続けたのである。

ただ、冥王星は少なくとも発見当初から、それまでの八つの惑星とは明らかに異なる性質を示していることは確かであった。その軌道は、大きく歪んだ楕円で、内側の海王星の軌道にまで食い込んでいた。そのため太陽からの距離が海王星と逆転することがあった。また、その軌道面は17度も大きく傾いていた。こうした変わった特徴がありつつも、冥王星は、火星と木星の間に見つかっている小惑星よりも明らかに大きく、少なくとも地球程度の大きさだと考えられていた。

ところが、1970年頃以降になると、冥王星の大きさの推定値はどんどん小さくなっていった。

◆ も く じ ◆

サイエンス・プラザ	援業実践
明らかになった冥王星の驚くべき素顔…………… 1	地学オリンピック参加に向けて…………… 17
バイオリギングが明らかにする	高校生へ私が選んだ1冊の本
動物の真の姿…………… 6	ウナギ 大回遊の謎…………… 20
超臨界流体の魅力…………… 11	

軌道を精密に決めていくと、冥王星は内側の海王星や天王星に重力的な影響（摂動）を与えていないことが明らかになってきた。冥王星は地球よりずっと小さいのでは、と考えられるようになった。さらに表面がメタンなどの水で覆われており、かなり反射率が高いこともわかった。そして決定的だったのは、1978年に衛星カロンが発見されたことである。これまでの地上の望遠鏡では、衛星と冥王星本体の両方の光を、冥王星本体からの反射光と考えていた。衛星があれば、冥王星と衛星との距離と、その公転周期を計測することによって、両者の質量の和を求めることができる。ここに至って、冥王星は地球の400分の1の質量程度しかないことがわかった。さらに衛星と本体が相互にかくれんぼする食現象を用いて、冥王星の直径は、約2,300kmとなった。なんと冥王星は月よりも小さい天体だったのである。

<揺らぎだした惑星としての地位>

確かに観測技術が発達して、冥王星の直径は小さくなったとはいえ、まだいわゆる小惑星よりも圧倒的に大きかった。火星と木星の間にある小惑星の中で最大の天体であるケレスの直径は1,000kmに満たない。冥王星の半分以下であり、歴史的に決まった惑星と小惑星との境界線を越えて冥王星が小さくなったわけではない。そのため、サイズの変更は大きな問題にならなかった。

そんな状況を一気に変えたのが、新たな技術革新、デジタル撮影技術である。半導体を用いて、光を電子に変えて蓄積するCCD素子の発明で、天文学は大きく変貌し、写真時代には見えなかった遠くの微かな天体が見え始めた。そして、1992年、このCCD素子を利用して、ハワイ大学のデイビッド・ジュイットらが、冥王星を大きく超える軌道を持ちながら、冥王星よりも円軌道に近い天体1992QB1を発見した。その直径は100kmほどで、冥王星よりも小さかったが、これ以後、同じような領域に次々と同種の天体が発見され、実は、冥王星の存在している太陽系の外縁部は、小天体にあふれていることが判明したのである。

太陽系外縁天体と呼ばれている一群である。

つまり、冥王星は太陽系外縁天体のメンバーであった。発見数がどんどん増えるにつれ、次第に大きな天体が発見され始め、ケレスを抜くものが出しはじめたのだ。少なくとも冥王星のまわりには、冥王星の大きさに迫る同じような大きさの天体が存在する。こんな状況は他の惑星ではありえない。そのうち、冥王星を超えるような“大物”が見つかるのではないかと、と思われるようになった。そうなるといういろいろ困ることも生じる。というのも、太陽系外縁天体は、分類上では小惑星の扱いである。したがって、冥王星よりも大きなものが発見され、そのまま小惑星として登録されると、「惑星よりも大きな小惑星」という、論理的に非常に矛盾した状況が生じてしまうのだ。

<惑星定義の策定>

この状況に危機感を持った国際天文学連合（いわば、天文学者の国連）では、冥王星をこのまま惑星と位置づけ続けるか、議論を始めていた。そうこうしているうちに、2005年夏、ついに冥王星よりも大きいと思われる太陽系外縁天体2003UB313（後にエリスと命名）の発見が公表され、すわ第十惑星かと大騒ぎになったのだ。そして、その天体を惑星と呼ぶのか、それとも冥王星の位置づけを変えるのか、早急に問題を解決する必要に迫られたのである。国際天文学連合は、この混乱を収束すべく、7名からなる「惑星定義委員会」を立ち上げ、2005年から2006年にかけて、議論を重ねることとなった。じつは、それまで「惑星」というのは、歴史的になんとか呼ばれ続けたもので、科学的に定義されたことは無かった。最初は読んで字の如く星座の間を動いていく「惑う星」として使われたし、地動説となっても、太陽のまわりをまわる大きな天体という漠然としたものだったからだ。筆者は「惑星定義委員会」の一人として原案作成から、改定作業に加わった。そして太陽系天体の種別は、これまで二分類（惑星とそれ以外の小天体）だったものを三分類（惑星、準惑星、太陽系小天体）とすることにし、そ

の基準を明確化したのである。定義や分類基準を詳しく述べる紙幅はないが、いずれにしろ、この定義により、惑星は水星から海王星までの8つとなり、冥王星、エリス、ケレス、マケマケ、ハウメアの5つが準惑星として位置づけられた。またケレスを除いて、太陽系外縁天体であり、かつ準惑星を「冥王星型天体」と位置づけた。この案は2006年夏の国際天文学連合総会で可決され、ついに冥王星は惑星のリストからはずれたのである。(この辺りの詳しい経緯は拙著『新しい太陽系』(新潮新書)をお読み下さい。)

<準惑星・冥王星の重要性>

冥王星は準惑星となった。しかし、これは科学的な重要性を失うことではない。技術革新に伴い、冥王星の仲間である太陽系外縁天体の存在が明らかになり、それにしたがって豊かな太陽系の天体群を、分類を増やすことで明確化したことが、今回の惑星定義の役割である。人類史上、はじめて惑星の数は減ったが、これは準惑星という新しいカテゴリーが増えたことで、太陽系の多様性がより明らかになった結果であるといえる。

さらにいえば、準惑星は天文学的にも大事である。それは惑星の形成を考えると、わかりやすい。惑星は、約46億年前、まだ太陽が生まれたばかりの頃、その周囲の原始太陽系円盤と呼ばれる塵とガスの円盤の中で生まれた。最初は、その中で微惑星と呼ばれる惑星の元となる卵が無数に生まれ、衝突・合体しながら成長していった。微惑星の成分も、太陽に近い領域で温度が高いため、岩石中心となり、太陽から遠ければ氷が中心となった。こうして小天体が育っていき、ついに惑星となったわけである。そのため太陽に近い場所には岩石質の地球型惑星が、木星より遠方では氷も含めた巨大惑星となった。いってみれば、惑星は“育ちきった”天体である。それにひきかえ、太陽系外縁天体の領域では、成長速度が遅く、惑星が育つ前に材料であるガスや塵が吹き払われてしまった。そのため、成長途中で“止まってしまった”のである。

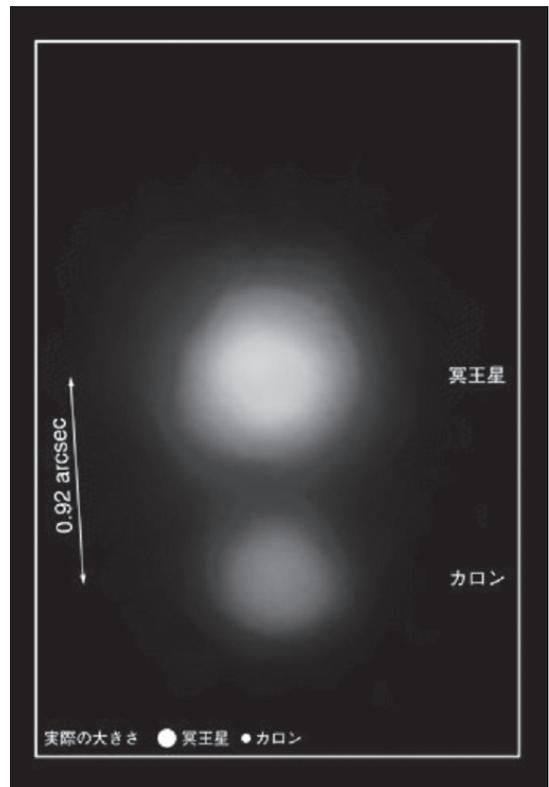


写真1 すばる望遠鏡が撮影した冥王星と衛星カロン。

惑星を成鳥の“鶏”に例えるなら、惑星を作る材料となる彗星や小惑星として残っている小天体は惑星の“卵”，そして冥王星を含む準惑星は、衝突・合体しながら惑星へ成長する途中の段階のまま残されてしまった、鶏になる途中の、いわば“ひよこ”といえる。この“ひよこ”には様々な情報が化石として閉じこめられている。例えば、軌道が大きく傾いたり、歪んだりしているのは、太陽系の初期に海王星が外側にじわじわと動いてきたことを暗示している。そして、その成分にも惑星を作った材料が、そのまま閉じこめられているはずなのだ。しかし、その素顔は、地球からはあまりにも遠く、詳しく見ることはできない。ぜひ探査をしよう、ということで、アメリカはついに冥王星に向けて、探査計画を始動させたのである。

<明らかになった冥王星：驚きの素顔>

その位置づけはどうあれ、冥王星は何しろ遠い。現在の地球からの距離は約48億km。太陽と地



写真2 ニューホライズンズが接近中に撮影した冥王星の姿。白いハートマークの地形が目立つ。

球の距離の30倍以上であり、光でさえ4時間もかかる。しかも冥王星はとても小さい。小さくて遠くにあるため、その素顔はよく見えなかった(写真1)。ある程度の明暗模様が表面にあることくらいはわかっていたが、ほとんど謎に包まれたままであった。

ただ、表面は46億年前にできあがってから、ほとんど変化していないだろうと予想されていた。表面を変える内部の熱源が少ないと思われていた

からである。十分な熱があれば、様々な物質の水が液体となって吹き出し、溶岩のように覆うことで、その表面は更新される。しかし、小さな天体であればあるほど、内部の熱源となる放射性壊変元素の含有量は少なく、火山のような地質学的活動は起こらないはずで、冥王星の表面は古いまま、月や水星のように、表面には衝突クレーターが無数に残されているに違いないと思われていたのである。

そんな事前の予想は、見事に外れた。2006年に打ち上げられ、9年の旅を経て7月14日に冥王星に接近した惑星探査機ニューホライズンズの接近によって、その驚きの素顔が明らかになった。

そのひとつは、なんといっても探査機のカメラが捉えた表面の新しい領域の存在である。茶褐色の表面(メタンなどが宇宙線や太陽の紫外線にさらされて、もっと複雑な有機物質になったもの)のところどころに黒い領域や白い領域があった(写真2)。特にハートマークのように見える白い領域には、クレーターがほとんどない。これは少なくとも1億年から1,000万年前後という、きわめて最近にできた平原のようだ。写真3のクロースアップ画像によれば、この平原には不思議なパターン模様も目立つ。表面を覆っている一酸化炭素や窒素、メタンなどが冷えて氷として固まると

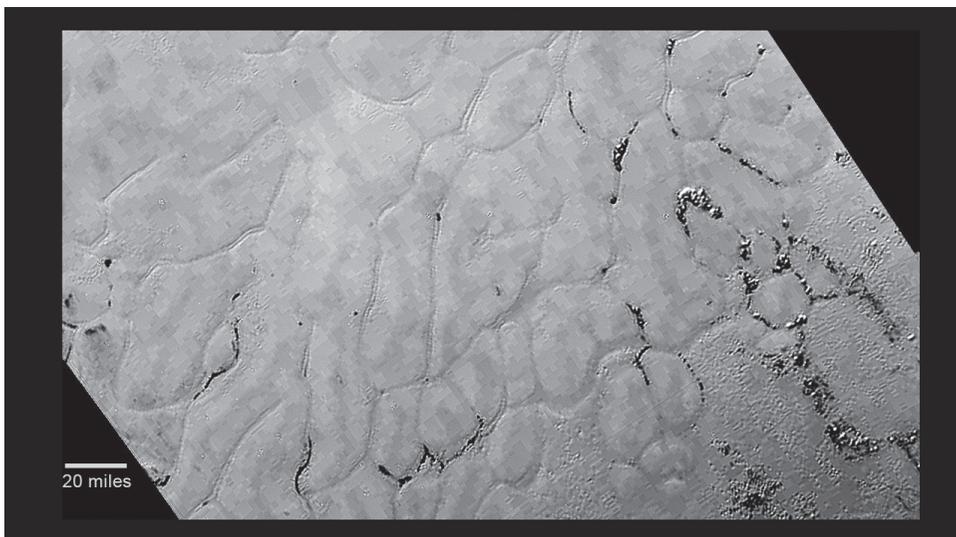


写真3 ハートマーク付近の拡大写真。なめらかな表面に不思議なパターンが見える。

きに収縮してできたか、あるいは流体として流れながら凍り付いたパターンと思われている。

もうひとつは巨大な山塊の存在である(写真4)。白い平原の西端、黒っぽい古い領域と白い平原の境界付近には、富士山級の氷の山々が立ち並んでいる。幅40km、高さ5kmもあるような角ばったブロックが連なり、山々を作っているのである。その形態は、地球でいえばまるで海に浮かぶ氷山のようなものである。どうも、冥王星の山々の正体は、巨大な氷(水)の塊であり、窒素が凍った氷の「海」に浮いている状況ではないかとされる。窒素や一酸化炭素の水に比べて、水の氷は密度が低いので、その「海」から頭を出して浮かんでいるらしい。

一方、その山塊の近くには巨大な裂け目も見られる。いわば表面のひび割れのような地形だが、これは水星にも見られる。こうした溝は、冥王星全体が膨張することで説明が可能である。冷えて凍ってゆく海が膨張したのかもしれない。つまり、冥王星の殻の下には最近まで液体の海が隠れていた可能性を示している。さらに驚きは、冥王星の南極付近にある大きな窪みだ。もしかすると、氷の火山のカルデラではないかとされている。太陽系最遠の氷火山の痕跡である。いずれにしろ、

こうした地形は全く予想していなかったものである。では、いったい熱源は何なのか? 探査により逆に謎が増えてしまった感がある。

惑星探査機ニューホライズンズは冥王星から離れる時、太陽に対して背後に回り込み、冥王星の大気を観測した(写真5)。もともと冥王星には窒素を主成分とする希薄な大気があることはわかっていたが、地球の大気のように太陽の青い光を散乱して、青く輝いていた。冥王星にも地球と同じように青空があったというわけだ。大気が思ったよりも希薄だったことも予想外のことだった。

惑星探査機ニューホライズンズは、あまりにも遠方のため、地球へのデータ転送レートが低く、接近時のデータは、最接近時から1年以上にわたって地球に送ってくる予定である。そして、今後はさらに冥王星の遠方にある他の太陽系外縁天体にも接近を予定しているのだから、引き続き期待したいところである。

写真出典

写真1：国立天文台

写真2・3・4・5：

NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute

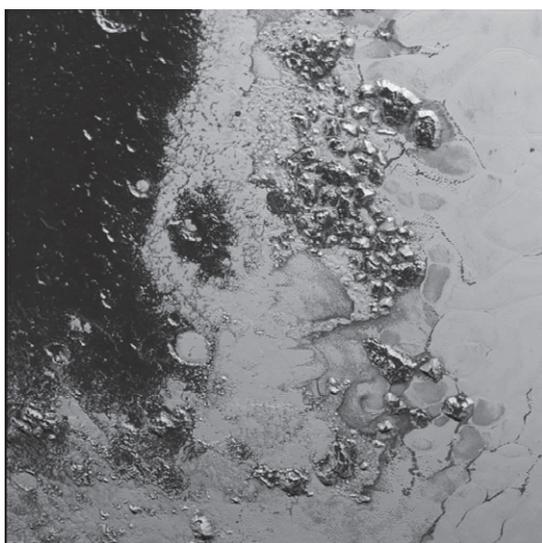


写真4 白黒模様の領域の境界。白い領域側には三千メートル級の氷の山が並んでいるのがわかる。



写真5 太陽に対して冥王星の背後に回った探査機が捉えた冥王星の大気。