

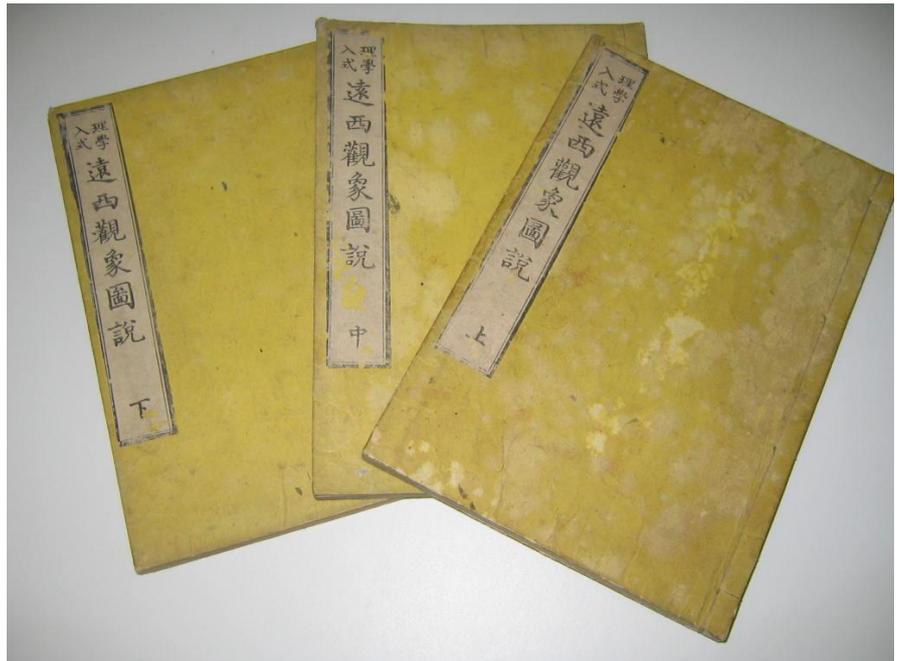
プルトの 76 年

2006 年 8 月 24 日の夜のテレビニュースは一斉に、冥王星が惑星から除外されたという国際天文連合総会の決議を伝え、翌朝の新聞にもトップに書かれていました。冥王星の地位はここ 30 年間も常に浮沈していた、いや 30 年どころか、冥王星は 160 年間にもわたって太陽系の外縁を賑やかしてきました。それは天変とは関わりありませんが、数多くの天文研究者・天文愛好家が携わってきた汗と涙とそしてロマンに満ちた惑星発見の歴史であり物語であったのです。

1. 冥王星の発見

私達の先祖は何千年も前から天体の動きを眺めてきましたが、いつの頃からか洋の東西を問わず、夜空に輝く無数の星のうちたった 5 個だけが奇妙な動きをすることに気づくようになりました。古代ギリシア人はそれらをプラネット（さまよえる星）と呼び、神々の名をつけました、といっても天地を創造した全知全能の神様ではなく、みんな生臭い神々ですが。古代中国ではプラネットに当たる言葉は「五星」です。漢書には「水星、金星、火星、木星、土星」という語と「辰星、太白星、熒惑星、歳星、填星」という語が両方使われています。日本はこれらの言葉をそのまま輸入し、平安時代の陰陽師もそのように記しました。今日、私たちが使う「惑星」という言葉は、オランダ通詞の本木良永(1735 - 1794)の創案した訳語で『太陽窮理了解説』(1792 年)で使われているそうです。また「遊星」という言葉は同じく通詞の吉雄俊蔵(1787 - 1843)の作ったものらしく、彼の書いた『遠西観象図説』(1823 年)という西洋天文学を紹介した本には「六星(水金地火木土：筆者注)ト衛星ト併セテ十七箇コレヲ遊星ト云フ」と書かれています。図は『遠西観象図説』の現物(京都情報大学院大学山縣敬一教授所有)です。江戸時代末から昭和初まで「惑星」「遊星」が両方使われていました。

地動説が確立し、地球が惑星に加えられて、ニュートン(1642 - 1727)の時代には土星が最果ての惑星でした。その後ハーシェル(1738 - 1822)が 1781 年、全天の星の分布を調べているうちに偶然発見した惑星には天王星と名づけられました。それ以前に知らずに恒星として登録されたこ



ともあります。発見後まもなく天王星の実測位置と計算位置とが食い違うことがわかりましたが、その原因は観測誤差でも計算間違いでもなさそうです。となるとニュートン力学は土星の運動まではうまく説明できたものの、その外は適用外なのだろうか？もしそうならばコペルニクス（1473-1543）、ガリレオ（1564-1642）、ケプラー（1571-1630）、ニュートン、ハレー（1656-1742）という偉大な先人たちが築いてきた力学もここまでなのか？そりゃえらいことだ！ところがフランスのルベリエ（1811-1877）とイギリスのアダムズ（1819-1892）は事実をすべて受け入れ、かつ万有引力の法則も間違いなく、この食い違いは天王星の外にある未知の惑星の引力によるものと考えました。そしてなんとこのわずかなズレから、逆にその未知の惑星の位置や質量を予測したのです。1846年、二人は独立にほぼ同時に計算を終了し、プロシアのガレ（1812-1910）がその方向に望遠鏡を向けたところ、まさにその位置に新惑星が発見されたのです。この新惑星が海王星です。単に新天体が見つかったというだけでなくニュートン力学の正しさと観測の精密さを同時に証明したものであり、科学史上非常に重要な出来事なのです。

ルベリエは水星の近日点が移動していく説明として水星の内側にも未知の惑星があるかも知れないと考えて、バルカンという名前までつけました。それを発見するには太陽面を通過するに小さな斑点を見つけるしかありません。皆既日食の度にそれらしきものが見えたという報告がなされたものの、予報される位置とは食い違っていました。結局見つかったものは黒点や彗星でした。ところがアインシュタイン（1879-1955）が1916年に発表した一般相対性理論によって、水星の奇妙な運動は説明されることとなり、半世紀に及んだバルカン探しは空しく終わりました。

ルベリエはまた海王星の外側にも新惑星の存在を主張しました。80年間にわたって多数の天文研究者・天文愛好家はその予測と探索に携わり、さまざまな軌道要素と名称が提案されました。中でも新惑星探しに最もエネルギーを注いだのはローエル（1855-1916）です。彼はまだ見ぬ新惑星を「惑星 X」と呼び、私財をつぎ込んで私設天文台（現ローエル天文台）を作り亡くなる前年まで観測を続けましたが、見つけることはできませんでした。しかし彼の遺志は引き継がれ、1930年になってトンボー（1906-1997）は1万枚以上の写真を撮影し、数百万もの星を調べた結果、ある新惑星を発見しました。この新惑星につけられる名前としてはローエル、ゼウス、クロヌスなどが上がりましたが、11歳の少女ヴェネチア・バーニー（1919-2009）の提案によりプルート（冥府の神）が採用されました。Plutoはローエル（Percival Lowell）のイニシアルにもちなんでいます。和名「冥王星」は、発見後すぐに野尻抱影（1885-1977）が提案したものです。ここにナインプラネッツという言葉が定着し、わが国でも水金地火木土天海冥というおなじみのゴロ合わせで記憶されるようになりました。

2. 冥王星の受難

太陽から60億kmの暗黒極寒の空間を250年かけて公転している冥王星は他の8惑星と比べさまざまな性質が異なっていることがわかってきました。他の8惑星はほぼ円軌道を描くのに、冥王星は1公転のうちの20年間は海王星の軌道の内側に入り込みます。冥王星の公転周期と海王星の公転周期は3:2という整数比をなしています（#

1 共鳴)。他の 8 惑星はほぼ同一平面上を公転しているのに冥王星だけは軌道面が 20 度近く傾いています。サイズや重さは誰もが地球以上を予想していましたが、その後の観測の結果ではどうやらずっと小さいらしいのです。1957 年発行の『新天文学講座 II 太陽系』には「半径は地球の 0.46 倍、質量は地球の 0.94 ± 0.23 倍」と書かれています。ところが 1977 年に冥王星は新局面を迎えるのです。衛星が発見され冥府へ渡る川の渡し守の名をとってカロンと名づけられました。驚いたことに冥王星の自転周期もカロンの自転周期もカロンの公転周期もすべて等しく 6.4 日なのです。これは冥王星とカロンは見えない棒のようなもので固定されて運動していることになります。この数値より冥王星の質量が求まりますが、何と地球の 500 分の 1 しかない、また直径は 2300km、冥王星より大きな衛星は 7 個もあるのです。イオ、ユアロパ、ガニメデ、カリスト(以上木星)、タイタン(土星)、トリトン(海王星)そして地球の月。これでも惑星なのか？だれもがそう思いました。冥王星は惑星であっても非常に特異な惑星なのでしょう。トンボー自身もこれに満足せずさらに全天にわたって惑星 X の探索を続け、多数の彗星や小惑星を発見したものの、結局冥王星より明るい惑星はないとの結論に達しました。

1980 年代後半、CCD 素子の応用によって、より暗い天体を見ることができるようになりました。しかし海王星・冥王星の彼方はあまりにも遠く、新天体を見つけるのは容易ではありません。安定した晴天・大望遠鏡に高感度カメラ・細心の注意力などすべての面にわたってのベストコンディションが要求されます。ハワイ島のマウナケア山頂（標高 4200m）にある天文台で 5 年間の悪戦苦闘の末ついに 1992 年の夏、微かな小天体が発見されました（仮符号 1992QB1）。明るさは 24 等、太陽からの距離は 65 億 km、公転周期は 290 年、直径はせいぜい 200km。これぞ待ちに待った冥王星の外を回っている第十惑星か？いやそれにしても小さすぎる。サイズからすれば小惑星です。このような小惑星はカイパーベルト天体（KBO # 2）と呼ばれ、その後続々と発見されました。1990 年代後半には遠方の小惑星が見つかる度に「最遠の惑星の発見」といわれ、太陽系のサイズはそのたびに膨れ上がりました。

「最遠」の惑星～2000 年

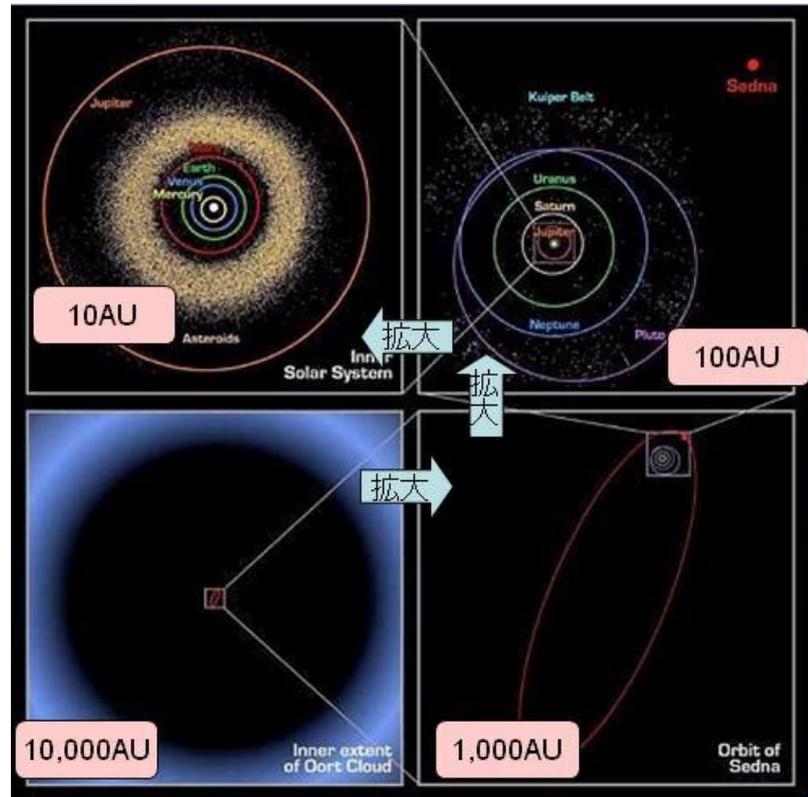
名称	発見年	近日点距離	遠日点距離	公転周期(年)	備考
冥王星	1930	29.7	49	248	衛星カロン
1992 QB1	1992	40.9	47	292	
1996 TL66	1996	35.0	132	765	
1999 CF119	1999	38.7	142	862	
2000 CR105	2000	44.2	416	3500	
2000 0067	2000	20.8	1034	12000	軌道未確定

冥王星もカイパーベルト天体のひとつとして認定し、惑星から小惑星に移そう（小惑星番号 10000 という名誉ある席に）という提案もなされました。しかし冥王星を凌ぐ新天体は見つからなかったため、1999 年国際天文連合は「冥王星を惑星から外さない」ことを申し合わせたのです。

3. セドナ. そして第十惑星

ところが、21世紀になってから冥王星に迫るカイパーベルト天体が続々と現れてきました。ヴァルナ、クワイア、そしてセドナです。2004年3月15日「太陽系最遠の天体を発見した」との発表がありました。この新天体は前年11月14日に発見され、冥王星の3倍かなたにあり、イヌイット神話の海の女神にちなんでセドナと名付けられました。セドナはそれまでに確定していた太陽系天体中では最遠です。さらに、これまでの天体では、近日点はすべて40~50天文単位に収まっていましたが、セドナは、近日点は76天文単位、遠日点が約1000天文単位、周期は1万年以上という途方もなく扁平な軌道を描いています。後に軌道が確定した20000067も同じようでした。

セドナのもう一つの特徴はそのサイズで、推定直径は1800km。20世紀までは最小の惑星、冥王星(直径2300km)と最大の小惑星ケレス(直径900km)の間には大



きなギャップがありました。21世紀になってから、KBOの中に中間サイズの天体が見つかり、セドナはそれらの中では最大で、冥王星に次ぐ大きさです。第十惑星か？それとも長周期彗星の故郷とされるオールトの雲からやって来た天体か？それとも・・・ヴァルナ、クワイア、セドナなどは冥王星も含めて、惑星(planet)とも小惑星(asteroid)とも別のグループで、プラネトイド(planetoid)という新たな名前も提案されました。いずれにせよ2004年の時点でいわば王手がかかったのです。

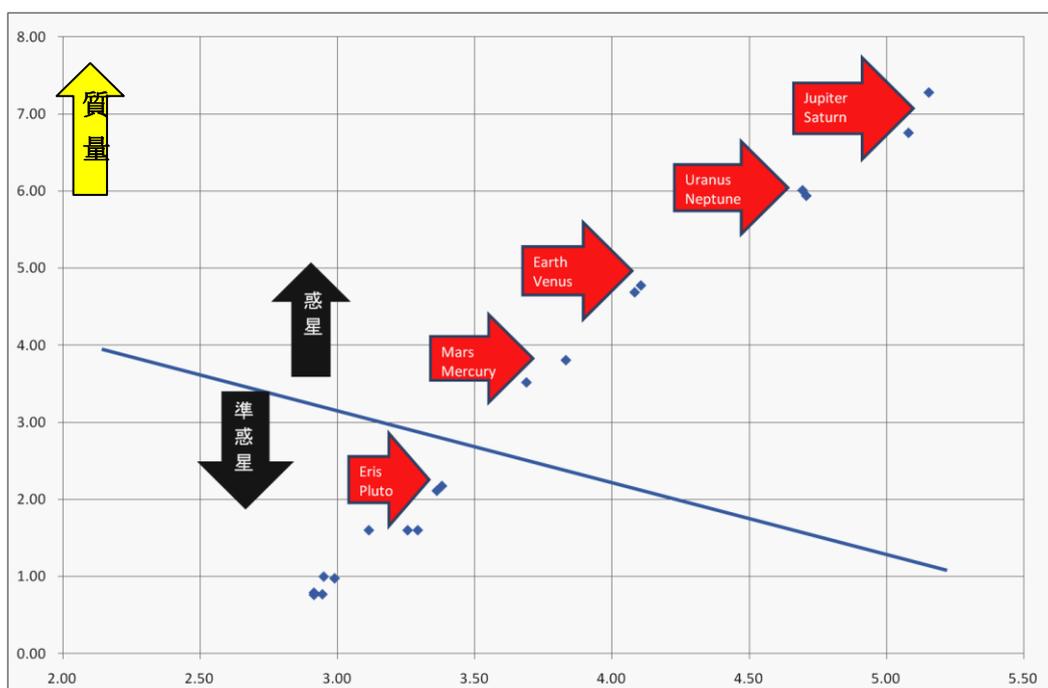
そしてついに2005年7月30日(土)に「第十惑星の発見」というニュースが飛び込んできました。この新天体は冥王星よりも大きく、トンボの冥王星発見以来の快挙とTVでも報道されました。だれもが「ほんまかいな？」と思いつつ、天文教育研究会のMLでは何本ものメールが飛び交いました。2003UB313という仮符号で登録され、現在、太陽から97AUの距離にあり18.9等、これより絶対等級(太陽からも地球からも1AUとしたときの等級)が-1.1と計算でき、ケレス(3.4)よりも冥王星(-1.0)よりも明るいのです。ちなみに一般のメインベルト小惑星では12~13等です。明るいということは表面が雪や氷で覆われ、反射率が高いのかまたはサイズが大きいことを意味します。測定には稼働間もないNASAの赤外線宇宙望遠鏡スピッツァーまで引き出さ

れ、2006年2月に直径は約3000kmと発表されました。ついに冥王星を凌ぐ新天体が見つかった！さらに同じ日に直径1575kmという大きなKBOである2003EL61が発見されました。どうやら大型の小惑星はカイパーベルトの中にたくさん潜んでいるようです。大型かどうかはサイズだけでなく、質量をも比べてみなければわかりませんが、なんとか求まらないものか？幸いこの小惑星2003UB313に衛星があるらしく、不確かながら母惑星から地球・月の約10分の1の距離を2週間くらいで公転しています。衛星の公転周期と母惑星との平均距離がわかればケプラーの第3法則(#3)により母惑星の質量が計算できます。その結果は2003UB313の質量は冥王星の0.8倍、すなわちほぼ同じ値で、ケレスよりは2桁大きい！もはや2003UB313を差し置いて冥王星に特別な席を与えるわけにはいかなくなったのです。衛星を持つ小惑星は現在多数知られており、精度はよくないが母惑星との平均距離 $a(\text{km})$ と公転周期 $p(\text{日})$ のデータがJohnstonに載っています。それを使って同様な手続きより72個の小惑星の質量を求めたところ冥王星と2003UB313が特に大きいようです。

ところで第十惑星を「10番目に発見された惑星」とすれば、はたして何でしょう。水星・金星・火星・木星・土星は太古から知られていて、いつだれが発見したのかという問は無意味です。地動説の確立で地球も惑星となりましたが、地球は発見されたわけではないので、ここでは含めないことにします。6番目に発見された惑星はいうまでもなく天王星(1781年)です。それ以降は惑星をどのように定義するかによって異なりますが「太陽の周りを公転して彗星ではない天体」を惑星とすると、19世紀になってからケレス(1801年)、パラス(1802年)、ジュノー(1804年)、ベスタ(1807年)という小惑星が見つかったので、第十惑星はベスタとなります。なお、天王星も海王星も17世紀からガリレオをはじめ何人かが、惑星であるとは知らずに観測しています。

4. 冥王星の再出発

国際天文連合(IAU)では専門家による特別委員会が結成され、冥王星の地位について2年間検討されました。2006年8月16日に委員会の原案がマスコミに公開されたので、以下のことはご存知の方も多いでしょう。当初の原案では冥王星は残留させ、さらにケレス、カロン、2003UB313をも惑星に加えるというものでした。二つはともあれ、なんでカロンまで？三途の川の渡し守が惑星ならオレも私と言い出すのはガミメデ、カリスト、タイタン、トリトン・・・その他多数いるはず、アルテミスだって黙ってはいないでしょうね、きっと。しかもこの他に惑星認定を待っている候補はセドナ、クワイアなどのカイパーベルト天体やパラス、ベスタなどの小惑星など12個もあるのです。これでは近い将来には惑星数は100を越え、惑星乱立時代に突入するのは必至。翌日から天文関係のメーリングリストは過熱状態に陥りました。筆者もささやかなその一人でしたが、IAUでは多数の天文学者が反対し、この案は撤回され、結局24日の総会ではあらためて決議案が提出され採決の結果、次のように決まりました。



惑星は水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星の 8 個であり、冥王星、ケレス、2003UB313 は dwarf planet に分類される。また、太陽の周りを公転する、衛星を除く、上記以外の他のすべての天体（小惑星、彗星など）は、Small Solar System Bodies と総称される。冥王星は上記の定義によって dwarf planet であり、トランス・ネプチュニアン天体の新しい種族の典型例として認識する。

この結果、冥王星は惑星ではなくなり、また「第十惑星」という言葉も意味を失いました。IAU 小惑星センターは早速、元第九惑星、冥王星になんとも中途半端な 134340 という小惑星番号をつけました。9 惑星時代は 1930 年～2006 年で終わったのです。将来、太陽系内に水星程度の天体が見つかって 9 惑星時代に戻ることはまずありえません。実はケレスも 1801 年の発見当時は「第八惑星」と言われました。惑星と言われながら後で外されることは初めてではありません。直接のきっかけを作った元第十惑星 2003UB313 には小惑星番号 136199 が、そして不和・争いの女神エリスの名が付けられました。トランス・ネプチュニアン天体（TNO 太陽系外縁天体）とは海王星より遠方であって太陽の周りを回る天体で、上記「カイパーベルト天体」とほぼ同じと考えていいでしょう。planet と dwarf planet をまとめて呼ぶ言葉は決められませんでした。dwarf planet や Small Solar System Bodies をどのような日本語に訳すのかはその時点では未定で、正式な訳語が決まるまでは英語をそのまま使っていました。マスコミ報道では dwarf planet の訳語としてすぐに「矮惑星」の名が出回っていましたが、多数の天文家は「矮」の字は差別的に使われることが多いので、避けてほしいと願っていました。日本学術会議、日本天文学会、日本惑星科学会、天文教育普及研究会が中心となって議論が交わされ、いくつかの候補の中から「準惑星」と決まりました。当初準惑星のメンバーはケレスを加えて 3 つでしたが、2008 年にマケマケとハイメア(=2003EL61)が追加されました。イースター島、ハワイの女神の名前です。その候補は KBO の中に多数いるようです。

準惑星とその候補

番号	名前	発見年	絶対等級	平均距離	離心率	直径	質量	自転周期
136199	Eris	2003	-1.18	67.69	0.440	2400	150	1.08
133430	Pluto	1930	-0.70	39.44	0.250	2300	130	6.39
136108	Haumea	2003	0.18	43.03	0.197	1960	40	0.17
90377	Sedna	2003	1.58	509.80	0.850	1800	40	0.43
136472	Makemake	2005	-0.30	45.66	0.155	1300	40	0.32
1	Ceres	1801	3.34	2.76	0.079	975	9.5	0.38
50000	Quaoar	2002	2.67	43.58	0.036	890	10	0.42
20000	Varuna	2000	3.70	42.89	0.052	880	5.9	
90482	Orcus	2004	2.30	39.17	0.221	820	6.2	
28978	Ixion	2001	3.20	39.66	0.241	820	5.8	
	月					3474	735	27.3

単位は 平均距離は AU, 直径は km 質量は 10^{20} kg 自転周期は日
http://ssd.jpl.nasa.gov/?planet_phys_par より

このうち Ocrus, Ixion の平均距離は冥王星とほぼ同じだから、公転周期もほぼ同じです。このような天体は他にも多数あり、まとめて **Plutino** とか **Plutonian objects**: という名が提案されたこともありますが、2006年の国際天文学連合の総会では否決されました。ところが2008年には「太陽系外縁天体で、なおかつ準惑星」であるものを **Plutoid** (冥王星型天体) という名称で呼ぶことになりました。現在上記5個の準惑星のうち4個が冥王星型天体です。

格下げなんて言い方はやめましょう。そもそも人間ごときが天上界のランク付けをしようというのは恐れ多いことなんです。自然は天体を創造したのであって惑星を作ったのではないのに、人間は勝手に惑星とか小惑星とか矮惑星 (なんと発音しにくいことか) などなど名づけて差別化しています。プルートはこれから別の場所で活躍することが保証されたのです。



ところでホルスト (1874-1934) の組曲「惑星」は冥王星発見前に作られたので海王星までです (木星ばかりが有名になりすぎたが)。ところが前世紀末に、コリンマッシュューズという作曲家が地位の危うくなった「冥王星」の曲を追加しました。筆者は聞いたことはありませんが、この曲も含めた CD が結構売れているそうです。

160年にわたる懸案もこれで決着ついたようです。ルベリエが予想し、多数の人々が捜し求めた新惑星は存在しませんでした。果たしてローエルやトンボの作業は無駄だったのでしょうか？彼らの観測は失敗だったのでしょうか？いや筆者は決してそうとは思いません。そのおかげで無数の新天体が発見され、数十倍にも広がった太陽系の姿が明らかになったのです。今や太陽系のメンバーには8個の惑星だけでなく、無数の小惑星が含まれることがわかりました。しかも毎年増え続けています。ローエルやトンボはたえず夢を追い求め、死の年まで観測を続けるという逞しさを示し、諦めず屈せず努力することの尊さを私たちに教えてくれたのです。

2006年1月、冥王星に向かって探査機ニューホライズンズが飛び立ちました。その目的は冥王星、カロンおよびその他のカイパーベルト天体を間近から詳しく調査することです。探査機の中には生誕100年を迎えるトンボの遺灰が積まれているそうです。到着は2015年、その時私たちは「新たな地平」を観ることができるでしょう。

5. 惑星と神々

ところで冥王星、プルートとは文字とおり冥府の王でオリンポスの主神ゼウスの兄（一説では弟）です。プルートというのはローマ名でオルクスとも呼ばれ、ギリシア名ではハデスといわれます。Hades という名の天体はありません、Orcus の名はやはり dwarf planet の候補である大型のカイパーベルト天体につけられています。このように同じ神が別名で呼ばれ、別の天体に名づけられるのは珍しくないことです。ジュピター、ビーナスは言うまでもなく輝かしい惑星ですが、ゼウス、アフロディテは無名の小惑星です。水星、土星、海王星の神もギリシア名では小惑星です。冥府の王妃ペルセポネ(プロセルピナ)はハデス(プルート)が略奪してきたデーメテル(ケレス)の愛娘だが、この母子の名はギリシア名、ローマ名で別々の小惑星に付けられています。ヘラ(ユノー)やアルテミス(ディアナ)などの女神もギリシア名、ローマ名が別個の小惑星につけられています。

ギリシア名		ローマ名		備考
Hermes	小惑星 69230)	Mercury	水星	伝令と商売の神
Aphrodite	小惑星(1388)	Venus	金星	愛と美の女神
Zeus	小惑星(5731)	Jupiter	木星	オリンポスの主神
Koronis	小惑星(158)	Saturn	土星	時と農業の神、ゼウスの父
Poseidon	小惑星(4341)	Neptune	海王星	海と馬の神 ゼウスの弟
Demeter	小惑星(1108)	Ceres	小惑星(1)	豊穡の女神、ゼウスの姉
Hera	小惑星(103)	Juno	小惑星(3)	ゼウスの正妻
Persephone	小惑星(399)	Proserpina	小惑星(26)	ケレスの娘、プルトの妃
Apllon	[太陽]	Apollo	小惑星(1862)	光・音楽・文芸の神
Artemis	小惑星(105)	Diana	小惑星(78)	狩猟の女神、アポロンの妹
Hades		Pluto	冥王星 (134340)	冥府の神 ゼウスの弟
		Orcus	小惑星(90482)	

() の中の数は小惑星番号。

【参考文献】

吉川 真『天文教育』9月号 2005

作花一志『天文教育』1月号 2006

1 共鳴

公転運動を行なう二つの天体が互いに規則的・周期的に重力を及ぼし合う結果、両者の公転周期が簡単な整数比になる現象である。例として

冥王星族天体と海王星との公転周期比は 3:2

トロヤ群小惑星と木星との公転周期比は 1:1

木星の衛星イオ・エウロパ・ガニメデの公転周期比は 1:2:4

など少なくない

2 カイパー・ベルト天体 (KBO)

正確にはエッジワース・カイパー・ベルト天体 (Edgeworth-Kuiper Belt Object 略して EKBO) という。アイルランドのエッジワース (1880-1972) とアメリカのカイパー (1905-1973) が、太陽系の外縁部には氷を主成分とする小天体のベルトがあるだろうと予見していたことから、彼らの名前がつけられた。惑星になりそこなった小天体や短周期彗星の故郷にもなっている。

3 ケプラーの法則

惑星運動の基本法則でケプラーが 1609 年, 1618 年に発表した。

I) 惑星は太陽を一つの焦点とする楕円軌道を描く。

II) 太陽と惑星を結ぶ線分と楕円の長軸とでできる扇形の面積速度は一定である。

III) どんな惑星でも公転周期 p の 2 乗と軌道長半径 a の 3 乗の比は一定である。

第 3 法則を式で表すと
$$a^3 = p^2 GM / (4\pi^2)$$

G は重力定数で、 M は太陽と惑星の質量和であるが太陽の質量として差し支えない。

惑星と衛星の場合にも適用できて衛星の運動から惑星の質量が求められる。