

連載

宇宙ギネスシリーズ【6】

小惑星軌道ギネス

吉川 真（宇宙航空研究開発機構）

1. はじめに

今年（2006年）の夏は、天文学者にとっても、また天文ファンにとっても、そして普段はあまり天文に関心がない人にとっても、重大なあるいはちょっとした騒ぎとなった。それは、ブラハで開催された国際天文学連合（IAU）の第26回総会にて、冥王星が惑星の分類から外されてしまったからである。筆者も、このIAU総会には出席していたのだが、別の国際会議に移動してしまったために、肝心の「採決」のときにはその場にいることができなかった。「世紀の瞬間」に立ちあえなかったことは残念な気もするが、冷静に考えてみると、「冥王星、惑星の地位から陥落！」などというのは大げさ過ぎる。そうではなくて、この冥王星についての一連の議論は、太陽系概念が大きく変わってきていることを意味しているのである。ここでは、小惑星の軌道の分布を見ながら、改めて最新の太陽系像を確認してみることにしたい。

2. 小惑星の軌道、ベスト3

このシリーズは宇宙ギネスということであるので、まずは、小惑星の軌道要素におけるベスト3を調べてみた。軌道のデータとしては、ローエル天文台がそのウェブで公開しているデータベース（2006年10月4日ダウンロード）を使うことにした。このファイルには、348,121個の小惑星の軌道が含まれているが、その中で軌道が正確に決められて確定番号が付いているものは136,563個である。確定番号が付いていない小惑星（仮符号の小惑星）については、今後の観測で軌道要素が修正される可能性がある。したがって、ここ

では、確定番号が付いた136,563個の小惑星について、軌道要素ごとにベスト3を抜き出してみた。

着目する軌道要素であるが、ここでは、軌道長半径（ a ）、軌道離心率（ e ）、軌道傾斜角（ i ）とした。この他に、近日点引数（ ω ）や昇交点経度（ Ω ）、そして近日点通過時刻（ T ）ないしエポックにおける平均近点角（ M_0 ）が軌道要素であるわけであるが、これらは順位を付けるものではないのでここでは考えない。ただし、近日点距離（ q ）と遠日点距離（ Q ）は、 $q=a(1-e)$ や $Q=a(1+e)$ のように a と e に関係しているのであるが、どこまで太陽に近づくかあるいは遠ざかるかの指標であるので、これらについても考慮することにした。

軌道要素ベスト3を表1に示す。ここでは、それぞれの要素について小さいものと大きいもののベスト3を示してある。ただし、 e や i については小さいものというのはいさぎよく意味がないので割愛した。まず、この表を見るだけでも、小惑星が非常に広い範囲にわたって存在していることがわかるであろう。最も太陽に近づく距離が0.14天文単位（仮符号の小惑星では0.071天文単位）から、最も太陽から遠ざかる距離が1053天文単位までである。

3. 太陽系のイメージ

情報としては、表1で尽きているのであるが、やはり数字を見ていただけではよく分からない。そこで、いくつかの図を描いてみた。

図1には、最も軌道が小さいものや太陽に近づく小惑星の軌道を示す。(66391)は a が最も小さい小惑星、(3200)は q が最も小さい

小惑星、(33342)は Q が最も小さい小惑星である。

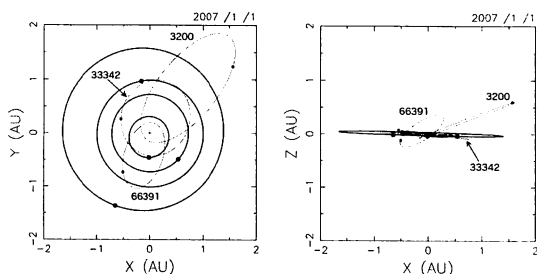


図1 軌道が小さな小惑星の例

中心が太陽で、水星から火星までの軌道と3つの小惑星の軌道(番号が書かれたもの)が描かれている。左は黄道面に投影した図で、右は黄道面に垂直な面に投影したものである。(詳細は本文を参照)

小惑星は地球から観測されて発見されるわけであるから、地球軌道の内側にある小惑星は発見されにくい。従って、 Q は地球軌道より大きいことが普通であるが、最近、 Q が1天文単位より小さいものが発見されだしている。ただし、まだ仮符号の小惑星である。今後、観測が進むと、地球軌道の内側にも多数の小惑星が存在することが分かってくるのかもしれない。

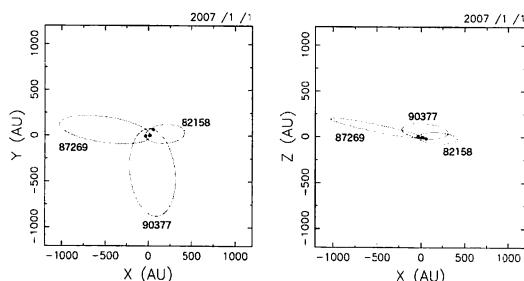


図2 軌道が大きな小惑星の例

中心は太陽で、惑星の軌道は省略されている。左は黄道面に投影した図で、右は黄道面に垂直な面に投影したものである。(詳細は本文を参照)

図2には、逆に軌道の大きな小惑星を描い

てみた。(87269)は a と e と Q が最大である小惑星である。(90377)は Sedna という名前 で有名になった小惑星で、リスト(表1)の上では、 a が2番目に大きく、 q は最大、 Q は2番目に大きい小惑星である。Sedna も発見されたときには第10番目の惑星とも言われたものであるが、その大きさは冥王星よりは小さいようである。なお、Sedna とは、イヌイットの神話に登場する海の神の名前で、極寒の北極海の底に住んでいる女神と考えられている。もう1つの(82158)は a および Q が3番目に大きいものである。これらの天体の軌道は、小惑星というよりは彗星の軌道である。太陽から遠いためにガスを放出していないので、彗星には分類されないだけであろう。

さて、話題の冥王星近辺について描いた図が図3である。この図では、冥王星は惑星ではないとして描いてみた。つまり、木星から海王星までの惑星と、dwarf planet (日本語訳がまだ定まっていないので英語のまま表記)とその候補を描いてみたわけである。ここで、(134340)が冥王星、(136199)が2003 UB313で、この2つはこの夏のIAU総会でdwarf planetに分類されたものである。ちなみに、(136199)は冥王星よりも大きいとされている小惑星で、この天体が発見されたことが、今回の冥王星騒動の直接のきっかけとなっている。この小惑星には Eris という名前が付けられた。これは、ギリシャ神話では争いと不和の女神で、トロイ戦争の原因を作ったともいわれる女神である。この天体には衛星も見つかっているが、その衛星には Eris の娘で無秩序と不和の女神である Dysnomia の名前が付けられたということである(Erisの由来については国立天文台ウェブより)。その他、dwarf planetの候補とされている、(136108=2003 EL61)と(136472=2005 FY9)の軌道も描いてみた。さらに、2007年1月1

日現在の他の小惑星の位置（ただし、 $a > 5.5$ AU のもの）もプロットされている。この図を見ると、冥王星を惑星としない方が自然であるということが直感的に理解されるであろう。冥王星は、他のエッジワースカイパーベルト天体（トランスネプチュニアン天体）にとけこんでいる。

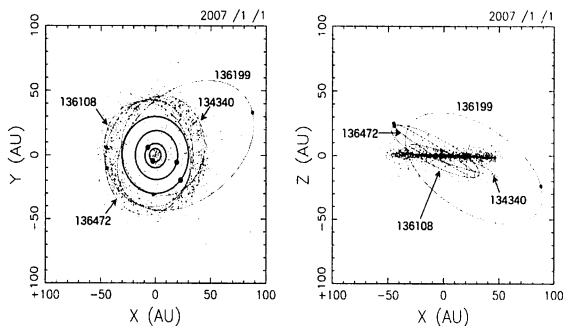


図3 冥王星付近の天体の軌道と位置
中心が太陽で、木星から海王星までの軌道と4つの dwarf planet の軌道（番号が書かれてもの）、および軌道長半径が 5.5AU よりも大きな小惑星（仮符号の小惑星も含む）の位置が描かれている。左は黄道面に投影した図で、右は黄道面に垂直な面に投影したものである。（詳細は本文を参照）

さて、図3でエッジワースカイパーベルト天体を描いたので、オリジナルの小惑星帯（アステロイドベルトないしメインベルト）も描いておく必要があるだろう。それが図4である。図4では、 $a < 5.5$ AU のものをプロットした。なお、図3および図4ともに、仮符号の小惑星を含む約 35 万個の小惑星からプロットしてある。また、図4では、やはり dwarf planet とされた Ceres の軌道を白抜きで描いてみた。

これら4つの図をすべて合成すれば、現在の太陽系の全体像が得られる。ひと昔前の太陽系のイメージとは大きく異なっていること

が実感できるであろう。特に、小惑星の数が増えたことと、小惑星が太陽の近くから、冥王星軌道どころかはるか彼方にまで分布をしているということが以前の太陽系のイメージとの大きな違いである。本当は、これらの図に彗星も書き加えないといけないのであるが、ここでは省略した。彗星まで書き加えると、いわゆる「オールの雲」が登場してくることになるのだが、オールの雲（太陽から 5 ~ 10 万天文単位）はまだ観測的には捕らえられていない。そしてオールの雲を超えると、そこは隣の恒星の世界になることになる。

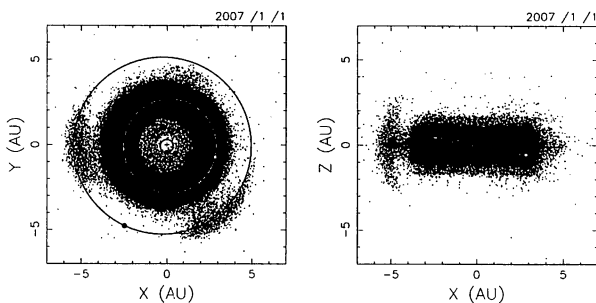


図4 小惑星帯と Ceres

中心が太陽で、水星から木星までの軌道と Ceres の軌道（白抜き軌道）、および軌道長半径が 5.5AU よりも小さい小惑星（仮符号の小惑星も含む）の位置が描かれている。左は黄道面に投影した図で、右は黄道面に垂直な面に投影したものである。（詳細は本文を参照）

4. 冥王星騒動の申し子

さて、この冥王星騒動のおかげで急に浮上した問題が、「惑星の定義」である。今まで惑星の定義がなかったということを知って不思議に思う人も多いかもしれないが、そもそも惑星は人類が恣意的に決めてきたものであり、個人的にはあまり科学的な定義には馴染まないもののような気がしている。もともとは、「肉眼で見える星のような天体であるが、星座をつくる星とは別の動きをしているもの」

が惑星だった。望遠鏡が発明されて、肉眼で見るとより暗い天体が見えるようになると、天王星や海王星が惑星に加わった。ところが、Ceresのような天体も発見されたわけであるが、大きさが小さいし数が多いという理由で惑星とはされなかった。では、大きさを惑星かどうかを判断したのかということでもなくて、例えば木星の衛星 Ganymede や土星の衛星 Titan は水星より大きいのであるが、惑星とは呼ばれない。これらは、惑星の周りを回る衛星になる。このように、どちらかという直感的に惑星と言うものを決めてきたわけである。そして、1930年に発見された冥王星も、その軌道領域では唯一の天体であったこともあって惑星とされた。

ところが、1992年から冥王星軌道付近に小天体が見つかるようになった。もともと冥王星自体、大きさは小さいし、軌道が海王星軌道と交差しているのが惑星らしくはない。それで、冥王星を惑星としない方がよいのではないか、という議論がなされるようになった。この議論は、冥王星は惑星のままとするということで収まっていたのであるが、冥王星よりも大きな小惑星（上記の Eris）が見つかったので、議論が再燃することになる。つまり、新しく発見された天体を第10番目の惑星として認めるか、そうでないのなら冥王星を惑星から外すという議論である。その結論は、最初に述べた通り、冥王星が惑星から外れるという結果に終わった。ただし、冥王星を小惑星まで「降格」させるのではなく、Dwarf Planet という新しい分類の代表格としたのである。

IAU 総会で新たに決められた惑星の定義については別の機会に議論をすることとして、ここでは詳細には触れないが、この冥王星騒動によって、一つの宿題が残された。それは、Dwarf Planet をどのように日本語に訳すかである。天文の世界では、dwarf という単語

は「矮」と訳されることが普通である。例えば、白色矮星 (white dwarf) のように。そうすると、「矮惑星」と訳するのがすなおなのであるが、「小惑星」との区別がややこしくなる。Dwarf Planet は惑星よりは小さいが小惑星よりは大きい天体なので、いわば「中惑星」なのであるが、何か名訳はないであろうか。

いずれにしても、このような課題が発生してきたこと自体が、我々の太陽系認識が大きく変化してきたことを意味しているのである。今後も、観測の進展によって、さらに太陽系のイメージが変化していくことであろう。そのときには、この小惑星軌道ギネスも大きく書き換えていると思われる。

[編集委員長付記]

ほんの十数年前まで最遠の惑星は冥王星であると思われていた。私たちはそのように習い、そのように教えてきた。ところが1992年以降、続々発見されたエッジワースカイパーベルト天体は太陽系のイメージを大きく塗り替えてしまい、現時点では1000AUを越す遠日点を持つものまで知られるようになった。当然のことだが記録は常に書き換えられる。その度ごとに私たちは宇宙の広がりを実感する。

6回にわたる連載記事「宇宙ギネスシリーズ」はこれで終わります。執筆者の方々、大変ありがとうございました。数年後に再びこのようなギネスシリーズが掲載されたときにはどんな記録が載っているのでしょうか。

表 1 : 小惑星軌道要素ギネス

順番:確定番号	名称	a 軌道長半径 AU	e 軌道離心率	i 軌道傾斜角 deg	q 近日点距離 AU	Q 遠日点距離 AU
aが小さいもの						
1: 66391	1999 KW4	<u>0.642</u>	0.6884	38.891	0.200	1.084
2: 33342	1998 WT24	<u>0.719</u>	0.4180	7.342	0.418	1.019
3: 99907	1989 VA	<u>0.729</u>	0.5948	28.793	0.295	1.162
(参考:	2006 KZ39	<u>0.610</u>	0.5409	9.914	0.280	0.939)
aが大きいもの						
1: 87269	2000 OO67	<u>536.907</u>	0.9613	20.073	20.766	1053.048
2: 90377	Sedna	<u>486.164</u>	0.8435	11.930	76.091	896.238
3: 82158	2001 FP185	<u>225.762</u>	0.8483	30.766	34.258	417.267
eが大きいもの						
1: 87269	2000 OO67	536.907	<u>0.9613</u>	20.073	20.766	1053.048
2: 65407	2002 RP120	54.884	<u>0.9550</u>	19.104	2.468	107.299
3: 20461	Dioretsa	23.895	<u>0.8997</u>	60.423	2.396	45.394
(参考:	1996 PW	252.672	<u>0.9900</u>	29.833	2.518	502.825)
iが大きいもの						
1: 127546	2002 XU93	67.078	0.6872	<u>77.981</u>	20.981	113.174
2: 5496	1973 NA	2.434	0.6373	<u>68.018</u>	0.883	3.986
3: 2102	Tantalus	1.290	0.2988	<u>64.009</u>	0.905	1.675
(参考:	2005 SB223	29.675	0.9068	<u>91.440</u>	2.767	56.583)
qが小さいもの						
1: 3200	Phaethon	1.271	0.8900	22.180	<u>0.140</u>	2.403
2: 105140	2000 NL10	0.914	0.8170	32.515	<u>0.167</u>	1.661
3: 89958	2002 LY45	1.641	0.8866	9.987	<u>0.186</u>	3.097
(参考:	2005 HC4	1.821	0.9610	8.403	<u>0.071</u>	3.571)
qが大きいもの						
1: 90377	Sedna	486.164	0.8435	11.930	<u>76.091</u>	896.238
2: 79360	1997 CS29	43.879	0.0131	2.248	<u>43.305</u>	44.453
3: 45802	2000 PV29	43.501	0.0144	1.181	<u>42.874</u>	44.128
Qが小さいもの						
1: 33342	1998 WT24	0.719	0.4180	7.342	0.418	<u>1.019</u>
2: 66391	1999 KW4	0.642	0.6884	38.891	0.200	<u>1.084</u>
3: 99942	Apophis	0.922	0.1911	3.331	0.746	<u>1.098</u>
(参考:	2004 XZ130	0.618	0.4545	2.954	0.337	<u>0.898</u>)
Qが大きいもの						
1: 87269	2000 OO67	536.907	0.9613	20.073	20.766	<u>1053.048</u>
2: 90377	Sedna	486.164	0.8435	11.930	76.091	<u>896.238</u>
3: 82158	2001 FP185	225.762	0.8483	30.766	34.258	<u>417.26</u>

全小惑星数は 348121 個。うち、確定番号が付いている、136563 個の小惑星について、各軌道要素ごとのベスト 3 を示す。 e と i については、小さい方のベスト 3 はあまり意味がないので省略した。また、確定番号がまだ付いていない小惑星が一位である場合には、参考として示してある。データは、ローエル天文台公開の小惑星軌道要素による (2006 年 10 月 4 日にダウンロード)。