



科学の眼

まなこ

発行: 姫路科学館 (〒671-2222 姫路市青山 1470-15 電話: 079-267-3961)
<https://www.city.himeji.lg.jp/atom/>

天文シリーズ

太陽系の外から来た2例目の天体

系外彗星ボリソフ

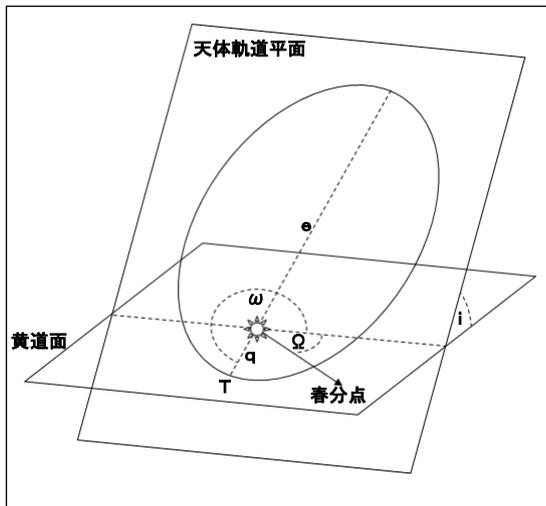
Interstellar Comet 2I/Borisov

姫路科学館 学芸・普及担当 秋澤 宏樹

天文学史上初の太陽系外から来た天体オウムアムア (1I/'Oumuamua) の発見から2年、昨年夏に2例目となる天体が発見されました。系外彗星ボリソフ (2I/Borisov) です。ウクライナとロシアが係争中のクリミア半島にあるクリミア天体物理天文台で、アマチュア天文家ゲナディ・ボリソフが自作の65cm反射望遠鏡で発見しました。彗星なのか小惑星なのかははっきりしなかったオウムアムアとは異なり、ボリソフでは彗星の特徴であるコマ (大気) や尾の存在が確認されました。太陽系外の小天体にも太陽系の様なバラエティがあることになりませんが、ボリソフとオウムアムアはおそらく形成された恒星系が違うので、これは恒星系による違いなのかもしれません。

■軌道要素の6つのパラメータ

太陽系を運動する天体の軌道は6つのパラメータで表すことができます。それは下図のとおり、 T 、 q 、 e 、 Ω 、 ω 、 i の記号で表され、これを軌道要素と呼びます。そのうち e (軌道離心率) は軌道の形を定め、 $e \geq 1$ だと太陽系に束縛されていない可能性があります。オウムアムアは1.199、ボリソフは3.357もあり、どちらも太陽系外の天体です。



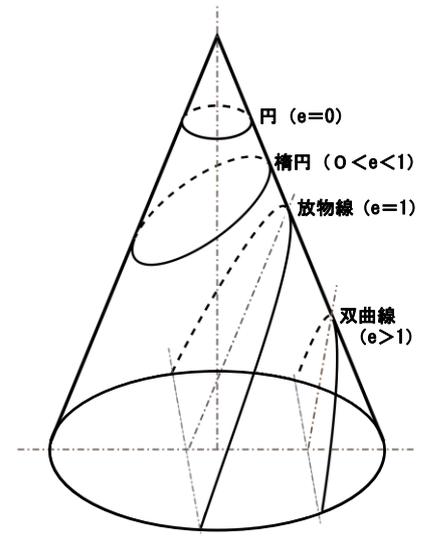
記号	読み方	意味するところ
T	近日点通過時刻	その天体が太陽に最も近い点を通過する時刻
q	近日点距離	近日点通過時刻における太陽からの距離
e	軌道離心率	軌道の形を表す、 $e=0$ だと円、 $0 < e < 1$ で楕円、 $e=1$ だと放物線、 $e > 1$ で双曲線
Ω	昇交点黄経	その天体の軌道が黄道面 (地球軌道面) を南から北に通過する点の春分点からの角度
ω	近日点引数	その天体の軌道面上で昇交点から近日点までの運動方向の角度
i	軌道傾斜角	その天体の軌道面が、黄道面 (地球軌道面) となす角度

■楕円軌道、放物線軌道、双曲線軌道と「円錐曲線」

軌道離心率 $e = 0$ の軌道は円（数学的には点だが軌道の形としては円とする）になり、 $0 < e < 1$ では楕円、 $e = 1$ だと放物線、 $e > 1$ で双曲線になるとはどういうことでしょうか。

これらの軌道の形は円錐曲線と呼ばれる一連のグループの曲線です。右図の通り、円錐形を切る断面によって、円、楕円、放物線、双曲線が現れるからです。

太陽系の天体の軌道としては、円と楕円なら周期的に太陽の周りを公転しますが、より開いている放物線や双曲線では一度だけ太陽に接近した後は太陽系から離れていくことになるので、太陽系に束縛されていないこととなります。実際には、木星など他の惑星の重力の影響（摂動）等もありそれほど単純ではありませんが、ボリソフやオウムアムアの様に非常に大きな軌道離心率を持つ天体は、太陽系外からやってきて太陽系外に去っていくこととなります。



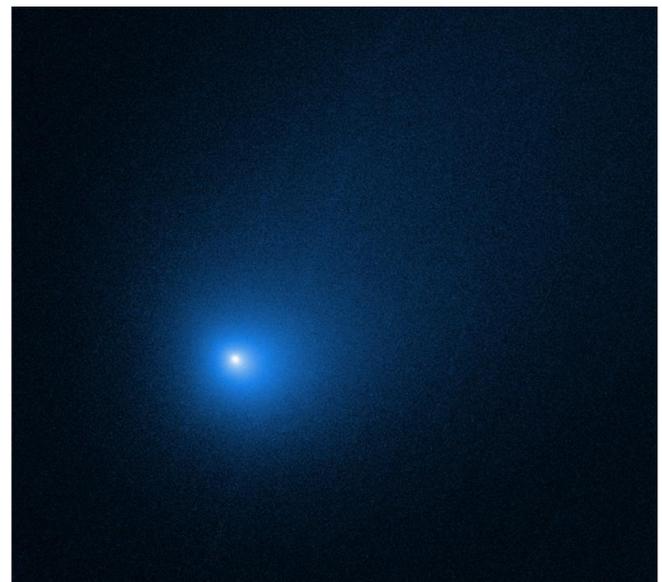
■系外彗星ボリソフ発見の意義

既に去りつつあった時に発見されたオウムアムアとは異なり、ボリソフは太陽に接近中の2019年8月30日に発見されました。T（近日点通過時刻）は2019年12月8日22時17分（日本時間）で、地球最接近は本稿執筆後の2019年12月28日13時14分（日本時間）です。地上から観測可能な南半球の大望遠鏡を始め、地球軌道周辺の宇宙望遠鏡からの観測計画も様々立案されています。

ボリソフはその軌道の特性故に、 q （近日点距離）が2.00665天文単位（1天文単位は太陽地球間の平均距離149597870.7kmなのでおよそ3億kmに相当）と火星軌道よりも

遠く、地球最接近時の距離も1.93690天文単位（およそ2億9千万km）と遠いため、観測は大変困難です。それでも慌てて後を追いかけるように観測が行われたオウムアムアより、準備期間を経て観測が行われるだけに、様々なテーマの観測が試みられようとしています。

既にスペクトルの観測から、太陽系の一般的な彗星に似てガス成分のCN（シアン遊離基）が存在する^{※1}ことや、太陽系の炭素鎖の分子が枯渇している彗星に似て C_2 （二原子炭素）の少ない^{※2}様子が検出されており、太陽系の惑星材料の生き残りと言われる彗星が、太陽系外の惑星系形成においても同様の役割を果たしている可能性を示唆するなど興味深い観測結果が出始めています。太陽系や他の恒星系の惑星形成に関する成果が期待されます。



近日点通過時刻の頃（2019年12月9日）ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した系外彗星ボリソフ ©NASA, ESA and D. Jewitt (UCLA)

^{※1} Fitzsimmons, A. et al., Detection of CN Gas in Interstellar Object 2I/Borisov, *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.885, Issue 1, article id.L9, 6pp., Nov., 2019

^{※2} Opitom, C. et al., 2I/Borisov: A C_2 -depleted interstellar comet, *Astronomy & Astrophysics*, Vol.631, id.L8, 5pp., Nov., 2019