

逆行衛星 (A Speculation)

堀 源 一 郎 (天文)

太陽の回りを公転する 9 個の惑星は、ほとんど同じ平面(黄道面)の上を円に近い軌道を描いて公転している。運動の向きも揃っていて、北(空間を黄道面が 2 つに分けると地球の北極を含む側)から見ると時計の針と逆の向きに回転している。この向きの回転を順行 (direct) といい、北から見て時計の針と同じ向きの回転を逆行 (retrograde) という。火星と木星の軌道の間約 1800 個の小天体 (小惑星) が発見されているが、これらの大部分もほぼ黄道面上を順行円運動している。太陽と惑星の自転の向きも順行が多いが例外もあり不明のものもある。

大部分の惑星は衛星をもっていて、太陽系には月を含めて 32 個の衛星が発見されているが、そのうち 11 個は逆行で逆行衛星とよばれる。すなわち木星の 12 個のうちいちばん外側の 4 個、土星の 10 個のうちいちばん外側の 1 個、天王星の 5 個全部、それに海王星の 2 個のうち“内側”の 1 個の計 11 個である。このうち天王

星の場合は非常に特殊で、逆行といっても衛星の軌道面は黄道面とほとんど垂直である。ただし、天王星自体も横だおしになっていて、衛星の軌道面は、惑星の赤道面と一致し、また衛星の公転の向きは惑星の自転の向きと一致している。この場合を除くと 27 衛星中 6 個が逆行で 21 個が順行ということになる。ゆえに逆行と順行とでは後者が“正常”で前者は例外的と考えられよう。しかるにその 6 個の逆行衛星については、その内の 5 個が外側の衛星であり海王星の 1 個だけが例外的に内側衛星で、換言すれば海王星の内側逆行衛星 (トリトンの名がある) の運動は例外のなかのそのまた例外という現象と考えられる。ゆえにトリトンの逆行を木星や土星の外側衛星の逆行と同一に論ずるのは難かしい (逆行の説明そのものも容易でない)。

しかし発想を 180° 転換し、逆行衛星が衛星本来の姿であって順行衛星こそその理由を問われるべきものと考えてみよう。すると太陽系が生まれた当初はすべての衛星

が本来の姿にあって逆行している。そこで惑星の自転も歩調をそろえて逆行でないと都合が悪い。太陽系が生まれたとき惑星の自転軸は黄道面に垂直で自転の向きは逆行であったと仮定するのである。現在の惑星は明らかにそうでないのだから、この仮定は惑星の自転軸の方向が慣性空間に対して変移できることを前提としている。(議論をこんな具合に進めてゆくと11個の逆行衛星の説明のためにずっと serious な仮定と前提をもってきたように思えよう)。太陽系起源説に定説といわれるものはないが、どの考え方で惑星の自転軸は太陽系円盤(黄道面と考えてよい)に垂直になるので(順行か逆行かは別問題)、このとき天王星の横だおしを“ゆらぎ”による例外と見るか、もっと積極的に説明を考えるかが分れ道となる。後者を採れば惑星自転軸の回転を前提とすることになる。ただしこの前提に立つと、太陽系が生まれたとき惑星の自転が順行であるとすると却って都合が悪いことになる。それは惑星の自転軸が公転面に垂直で自転と公転の向きが一致する状態は安定な平衡形状で、いったん達成されたら変わりようがないからである。ゆえに惑星自転軸可回転性の前提と共に惑星の逆行自転の仮定を採ることは自然の成り行きとなる(天王星の横だおしに重みをつけ過ぎたことにならうか)。

上述の仮定と内側衛星トリトンの逆行を天王星衛星の仲立て結びつけて考えると、海王星の自転が現在も逆行にとどまっていればよいことになる。そこで惑星の自転軸の(慣性空間に対する)方向を変えるための要因を考えてみよう: 惑星が剛体でないこと、惑星が球対称でないこと、そのとき球対称からはずれた部分に働く太陽の潮汐力によって回転軸の変移が起こりうるということが考えられる。潮汐力はいわゆる differential force であるから距離の3乗に逆比例し、木星、土星、天王星、海王星の距離では $(5.2)^{-3} : (9.5)^{-3} : (19)^{-3} : (30)^{-3} \approx 1 : 0.164 : 0.020 : 0.005$ の割合となる。各惑星の扁率(球形からのズレの程度を表わす)を同じとして、この比から木星と海王星とでは自転軸回転角に相当のひらきがあってよいこと、すなわち現実には木星の自転が順行で天王星が横転し、その外側の海王星の自転が逆行していればこの理くつには叶うことになる。海王星の自転に関するこれまでの観測は自軸の向きについては不明のところが多いので矛盾はないと考えよう。しかしこうなると海王星のもう1つの方、外側順行衛星ネレイドがなぜ逆行でないのか説明が必要となる。ところでこのネレイドは他の観点から太陽系32衛星中の例外もはなはだしい存在となっている。それは楕円軌道の離心率が0.75という大きな値をもつからである。ちなみに彗星を除くと9個の惑星、

約1800個の小惑星、32個の衛星のうち離心率がネレイドより大きいのは只一個小惑星イカサスの0.83しかない。小惑星は惑星や衛星に比べて離心率の大きいものが多いが大部分は0.3前後で0.4を越えるものはあまりない。惑星では冥王星が最大で0.25、水星が0.21で他は0.1以下である。衛星では木星の外側逆行衛星が割に大きい離心率をもつが、それでも最大が0.4以下である。ネレイドの0.75は“ゆらぎ”とは考えにくく、公転の向きと同時に離心率も説明が必要と思われる。

ところがここで思い起こされるのは冥王星の運動である。冥王星の離心率が0.25で惑星中最大であることは今しがた述べたところだが、このために、冥王星は海王星より平均距離は大きいにもかかわらず、近日点附近では海王星の軌道の内側には入り込む。すなわち両惑星の軌道はほとんど交叉せんばかりになっている(軌道面が傾斜しているので交叉を免れている)。そこでネレイドが海王星の外側衛星であることを思い出して、その異常な運動を冥王星との大接近の結果であろうと仮定してみたくなる。一步を進めて冥王星はかつて海王星の第3衛星であったと考えたくなる。それでは冥王星は海王星の衛星として似合うであろうか。惑星には密度が大で小型の地球型惑星(水星、金星、地球、火星、冥王星)と密度が小で大型の木星型惑星(木星、土星、天王星、海王星)があり、実は一群の木星型惑星の外側にどうしてポツンと地球型惑星があるのかと考えれば、冥王星はむしろ惑星でない方が都合がよい。衛星や小惑星は密で小型の天体であり、また冥王星の質量は海王星の1/100で、衛星としては非常に大きいと考えられなくはない(現に月の質量は地球の1/80である)。ついでに海王星の内側衛星トリトンも質量は母惑星の1/1000でかなり大きい。冥王星を第3衛星だったと考えれば当然逆行衛星とするのであるが、この方が順行衛星とするよりエスケープには好都合と思われる。また冥王星の軌道面だけが他の惑星の軌道面(ほとんど黄道面)から大きく17°も傾斜していることの説明にもなろう。冥王星のエスケープに関連して、ネレイドの軌道が乱されたとすると、それはネレイドの遠海王星点の附近で起ったと考えられ、海王星から約1000万km(0.065天文単位)の距離となる。そこで何が起ったのか?

冥王星と海王星の運動を現在から過去に追っていったらその大事件にぶつかるのではないか? 現在のところ、太陽と9惑星の10体問題ではその可能性はないとされている。それは冥王星と海王星の公転周期の大きさが3:2であるための力学的効果により、両惑星が太陽から見て同じ方向に並ぶこと(すなわち接近)が冥王星軌

道の遠日点の近くでしか起らず、このため両惑星は 18 天文単位より近づかないことがわかったからである。しかしこの事実も公転周期の比 (の平均値) が 3:2 から僅かにずれればたちまち崩れる体の性質なので、そのためには抵折物質などがあればよく、これは太陽系生成時には十分考えられることである。最後に、母惑星 (扁球) の自転軸がゆっくりと変ってゆくとき、近接衛星の軌道

面は母惑星の赤道面に (初め一致していたとして) ついてゆき、遠い衛星の軌道面はおいてけぼりをくらうことが示される。しかし扁球惑星の自転軸が大幅に変化するという理論は現在ない (できていない)。一方、地球の自転軸が約 0.1/世紀で直立しつつあるとすれば都合のよい天文学的事象が幾つか指摘されている (この割でゆけば 10⁹ 年で 5 ラジアンとなる)。