

海王星による BD -17° 4388 の掩蔽

(1) 堂平観測所における観測 竹内端夫*

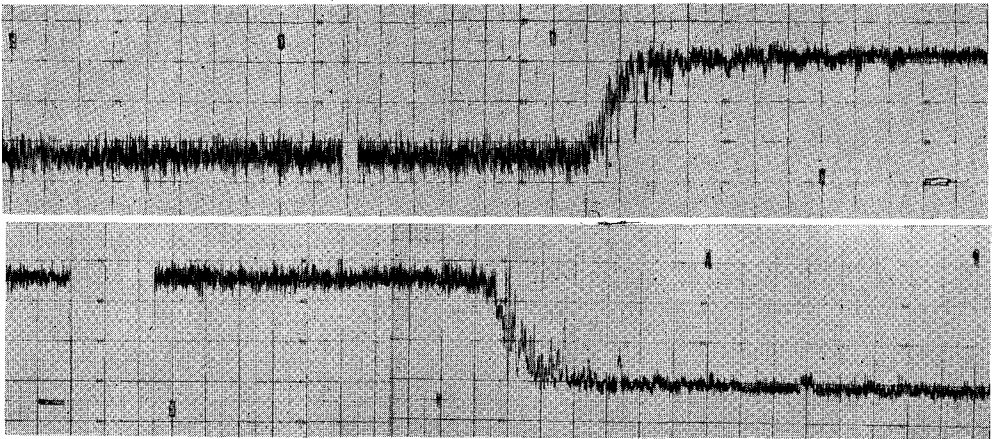
1000年に1度のチャンスといわれる、海王星による恒星の掩蔽が今年の4月7日の夜半、アジア東部、日本、オーストラリア等で観測された。掩蔽される恒星はてんびん座に属する7.8等、スペクトルタイプK型の恒星BD -17° 4388である。当日の海王星の明るさは7.7等であったから、両者の明るさはほぼ等しい。つまり掩蔽の現象が起る際に明るさは半減するので、等級で表わすと約0.7等級の違いに相当する光度変化を生ずるわけである。

恒星が海王星の背後にかくされる直前には、恒星からの光は海王星の大気の中を通りぬけて地球に達するので、これを解析すれば海王星の大気についての情報が得られる。また恒星が海王星のどのあたりを貫いて掩蔽されるかは、地球上の観測点の位置によって異なるから、緯度の違ったいくつかの地点からこの現象を観測して、その継続時間を測定すれば、海王星の大きさや形状について調べることができるであろう。

置の観測を行ったり、写真で相対位置を求めたりしたが、それらの値にも幅広い不一致があって、観測当日まで果して何時何分に現象が始まるのか、つまり測光記録紙の送りをいつスタートさせたらいいのか、甚だ不安であった。

東京天文台の堂平観測所では91cmの反射望遠鏡のカセグレン焦点に光電測光装置を付けて、潜入と出現の瞬間における光度曲線を記録させることにした。また掩蔽現象の前後にカセグレン焦点で写真を撮って、海王星と恒星の相対位置を記録しておくことも計画した。堂平の91cm反射鏡のカセグレン焦点距離は16.7mであるので、乾板上の1mmは天球での12'35に相当する。撮影した乾板を後でコンパレーターにかけて測定したら、海王星の方向角何度のあたりに恒星が出入したかが決められるのではないかと期待されたからである。

4月7日の堂平はこの季節には珍しい快晴に恵まれた。月令9日の月は少々妨げになったけれども、掩蔽の



第1図 堂平観測所で得られた光電測光記録。上が潜入，下が出現。時刻は右から左へ進んでいる。

天文暦に載っている海王星の位置には角度で4~5°の誤差がある。恒星の方にしてものくらい暗いものになると0.5程度の不確かさを覚悟しなければならない。これらはごく僅かな量のようなのだが、海王星の運動は1時間に3'くらいのものであるから、この程度の誤差でも現象の起る時刻は2時間近くも変わってくる計算になる。予報をより正確にするため、多くの人が子午環を用いて絶対位

起るのは日本時間の午前1時ごろ、南中の約1時間前で、まずまず絶好の観測条件であった。光電管 EMI 6256 Bに光を導く絞りの直径は、海王星の見かけの直径が2'5程度であるから1mmでも十分なのだが、いつ現象が開始されるか分からないので、長時間ガイドなしで追跡することを考えて8mmとした。記録紙の送りは観測途中で紙が尽きてしまうことのないよう、1分間8cmのスPEEDを選んだ。このスピードだと3時間は記録紙を交換しなくても大丈夫である。

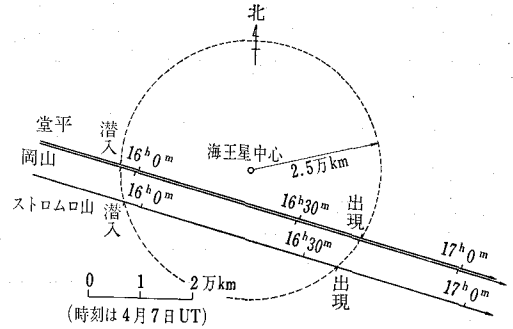
* 東京天文台

Occultation of BD-17° 4388 by Neptune.

1000Vの高圧を光電管にかけ、慎重に海王星と恒星との光量に合せたゲインを選んでテストを重ね、予報より約1時間早い午後11時30分から観測を開始した。ファインダーで光電管に注がれている二つの星の像を眺めると、海王星は澄んだ青色に、恒星の方は黄橙色に輝き、美しいコントラストを作っていた。10分、20分、真暗なドームの中に静かな時間が流れて行く。記録紙の上のペンは赤い線でシンチレーションだけを記録している。

やがて観測を開始してから1時間、まだ光量に変化は起らない。ファインダーをのぞいても、もう星像は二つには分離できない。ただ一つの光点の片側が青く、片側が黄に光っているので二星であると確認できるだけである。12時56分頃、突然記録紙の上のペンが大きくゆれた。明らかに今までのレベルから外れて下降線をたどって行く。ペンの振幅が大きく、星の光が苦しく息づいているようだ。5秒か10秒で恒星の光は海王星に蔽われてしまうのではないかと考えられていた予想に反して、現象は割合ゆっくりと進行した。恒星からの光がすっかり消えて、ペンが海王星の光量だけを表わす低いレベルの上に安定したのは、ペンが下りだしてから約45秒後であった。

すぐに記録紙を交換して、今度は恒星が出現してくる瞬間に備える。また小1時間の沈黙が続いたあと、ピクピクと二三回ペンが大きくゆれ、恒星が海王星の背後から出現したことを示した。時刻は午前1時41分であった。この潜入と出現の光度曲線を眺めてみると、恒星が海王星の蔭にかくれた直後、また蔭から出現する直前、1~2分間にわたってときどき曲線が増光を示す隆起を示しているのが特徴的である。またあとから、同じく光電



第3図 基準面上の海王星と観測地点の相対位置

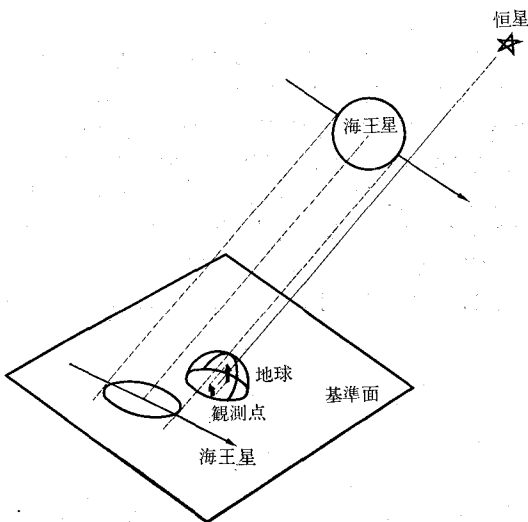
観測に成功した岡山天体物理観測所で得られた光度曲線と比較してみると、大体において曲線の凹凸が対応していることが認められた。すなわちこの凹凸は海王星大気の影響によって生じたものと考えていいのであろう。

10日ほどたって、オーストラリアのストロムロ山天文台で同様の観測を行なった結果が IAU (国際天文学連合) の速報カードに報告された。はじめに述べたように緯度が異なる地点での観測を組み合わせると、海王星の大きさを調べることができる。このためには次のように定義される基準面上での相対位置を論じるのが便利である。

掩蔽される恒星と地球の中心を結んだ直線を引き、地球の中心を通してこの直線に垂直な平面が基準面である。恒星は無限に遠い所に位置していると考えていいので、恒星からの光はすべてこの直線に平行に地球の付近にふりそそいでいるものと考えてよい。そこで海王星と、地球の表面にある観測点との両方をこの基準面上に投影すると、これは恒星の上に立つ生物が地球の方向を眺めたとき、目に入る様相を表わしていることになる。海王星も観測点も共に時間がたつにつれて基準面上を動いて行くが、もしある時刻に海王星を表わす円周に観測点がつたとすると、これはその時刻にその観測点で海王星のへりに恒星が位置していることを意味する。すなわち掩蔽の潜入または出現の瞬間なのである。

基準面上に掩蔽の現象が起った前後における海王星と観測点の刻々の位置を記入したのが第2図である。しかしこれでは三つの観測点での現象の起る時刻の相異についての関係がわからないので、第3図では基準面上で海王星の中心を原点にとることにして、観測地点との相対位置だけを表わしてみた。こうすると堂平、岡山、ストロムロ山の三つの天文台が海王星に対してどのように運動したかがわかり、潜入、出現の起つた時刻をおのの線上に記入すれば、これが海王星の周縁ののっていないことになる。

原点を通して、これらの六つの点を通る円を描くと、



第2図 基準面の概念図

半径 2 万 5000 km のものが最もよく適合する。これは理科年表などに採用されている 2 万 2300 km という値よりはかなり大きい。しかし第 3 図で採用した各観測点における潜入、出現の時刻としては、約 40~50 秒かかった光度変化の中間の時間を採用している。すなわち恒星の明るさの半分の光量が観測された時刻に当るが、これには問題があるかもしれない。

また海王星の形は球とは限らないから、その基準面へ

投影された形も円である必要はない。第 3 図に示した六つの点を通るあらゆる形を考えてもいいわけである。最も可能性のある海王星の形として回転楕円体を考えて、その偏率や大きさを決めることをいま試みているが、この目的のためには狭い日本の中の二つ、それからオーストラリアの一つの観測だけでは資料不足のようである。特にシベリア、東南アジアあたりでの観測がぜひ欲しいところであった。

(2) 海王星の上層大気 大 沢 清 輝*

月が恒星を隠す“掩蔽”はしょっちゅう起る現象であるが、惑星による掩蔽は珍らしい。特に海王星は、見かけの直径が小さく(約 2"), 運動もおそい(周期 165 年)ので、8 等程度の恒星が掩蔽される頻度は 1000 年に 1 回ぐらいにすぎない。しかもそれが衝の近くで起ったこと、日本とオーストラリアの両方で晴天にめぐまれたことなど、すべては珍らしい幸運だったというべきであろう。

惑星による恒星の掩蔽を観測する目的は、惑星の視直径を決定することと、その上層大気の物理状態についての情報を得ようとするにある。

惑星が固体だけで出来ていて大気を持っていないければ掩蔽で恒星が隠れるときの光度曲線は第 2 図 a のように直角のカドのある光度曲線が得られるはずである。(実

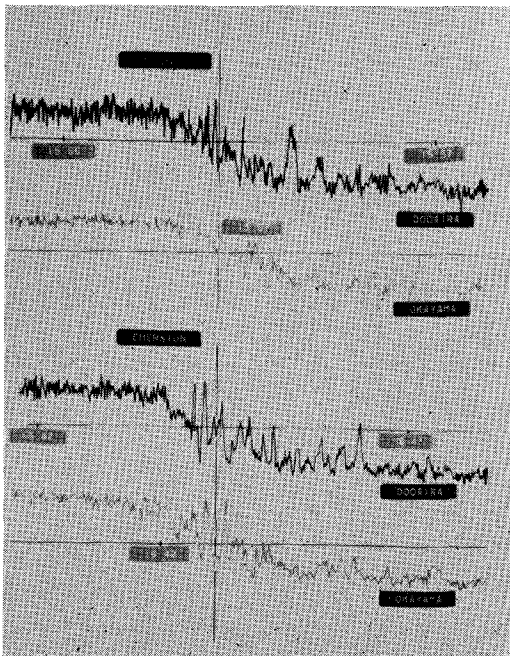
は光の回折による凹凸があるが、それは今は省略してある。)また、惑星がごくわずかの大気を持っていれば、光度曲線はカドがまるくなって第 2 図 b のようになる。大気を次第にふやせば、光度曲線は順に c, d, e のようになるはずである。この曲線は、むかし K. Schwarzschild がはじめて理論的に導き、後に 1952 年に木星によるおひつじ座シグマ星の掩蔽を観測した Baum と Code とが理論を簡単化した結果である。(A. J., 58, 108, 1953)

惑星に大気がある場合に、第 2 図のような曲線になるわけは、光の回折でもなければ惑星の大気による光の吸収でもない。最も効いているのは光の屈折による光束の稀釈である。第 3 図に示すように、恒星からの光束は元来平行で明るさが一様であるが、惑星大気にひっかかると屈折されて角度が開いてしまう。その結果として、影の境目はぼやけて、地球で受ける恒星の光は第 2 図のようになるのである。

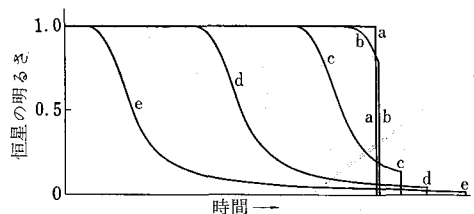
上に引用した Baum と Code との理論では、惑星の大気の密度分布を

$$\rho = \rho_0 e^{-\frac{h}{h_0}} \quad (1)$$

という式で表わされると仮定している。この h は大気の高さであるが、それを測る原点は便宜上どこにあってもよい。(事実、海王星には地球のような固体の地面があるかどうかわからない。)要するに、密度が ρ_0 である場所を原点にしているのである。 h_0 がいわゆる scale height であって、密度が $1/e$ になる高さ、地球の表面ちかくでは約 7 km である。地球の大気の場合は、 h_0 は高層ほど大きく、人工衛星で測った結果によれば 800 km の上空



第 1 図 海王星による恒星の掩蔽の光度曲線



第 2 図 惑星の大気による掩蔽の光度曲線 (理論)

* 東京天文台