

火星の公転半径と公転周期

慶応義塾高等学校
南木 翔 (高3)

概要

2003年8月31日、火星の大接近に伴い火星の衝を観測した。このデータを、同年12月28日に火星が東矩の状態になる時に観測するデータと比較対照することで、火星の軌道半径を求める試みを行った。

方法は以下である。衝、東矩それぞれの時に観測し取得した画像の視直径を比較する。観測対象が同じ天体の場合、見かけの大きさは観測地点からの距離に反比例することを利用し、衝と東矩における火星 - 地球間の距離比を求める。地球の軌道は半径1天文単位のほぼ円に近い軌道である。また、火星の軌道は離心率0.1程度の楕円軌道だが、ここでは結果に対する誤差の値が小さいことから円軌道を仮定する。よって、衝、東矩それぞれの時の距離比が決定することにより、幾何学的に火星軌道の大きさが決定する。同時に、その値から火星の公転周期が求まる。

衝における観測は慶応義塾高等学校屋上の30cmシュミットカセグレン望遠鏡を使用し、東矩の観測は、高校での観測に加えガーナに設置されたインターネット天文台を遠隔操作して行った。これは、同じ望遠鏡での観測では相対的な値しか得られないために、データをより確からしくするために行ったものである。

観測

使用した機材

・30cmシュミットカセグレン望遠鏡 ・ToUcam Pro

1. 9月4日、慶応義塾高等学校屋上のシュミットカセグレン望遠鏡を用いて、衝の火星を観測、撮像した。
2. 12月28日、同じく慶応義塾高等学校屋上の望遠鏡を用いて、東矩の火星を観測、撮像した。
3. 12月29日、明け方にガーナのインターネット天文台を遠隔操作し、それを介して東矩の火星を観測、撮像した。

解析

使用したソフト

・Registax ・Makalili

- 1, それぞれの日に観測して取得した動画を静止画として再取得した。
- 2, 画像処理ソフト Registax を使って静止画の明るさ調整などの処理を施した。
- 3, 基準星となるおおぐま座 ζ 星の星間距離を基準に、それぞれの画像から火星の視直径を算出した。算出の際、直径は火星の極冠を通るようにした。

結果

～火星の衝～(9月4日)

本来の火星の衝は8月30日であったが、あいにくの曇天のため観測を断念した。実際に火星を観測したのは9月4日で、五日間の間隔は今回の観測では影響が少ないと判断した結果だ。

～火星の東矩～(12月28日、29日)

火星の東矩は衝から約四ヶ月の間を經過しているので、さすがに光度は目に見えて落ちていたが、まだまだ肉眼で確認できる程の明るさだった。

ガーナインターネット天文台の観測においては、熊本大学の佐藤助教授のご指導によりおおぐま座 ζ 星を基準星として火星を観測した。

・おおぐま座 ζ 星の星間距離 14.4"

おおぐま座のデータを基に算出したそれぞれの時の火星の視直径

・衝 23.2" ・東矩 10.2"

考察

火星の公転軌道は厳密に言えば楕円であり、また、地球の公転軸に対して僅かに角度を有しているが、ここではその誤差はわずかであるためにないものとして仮定する。

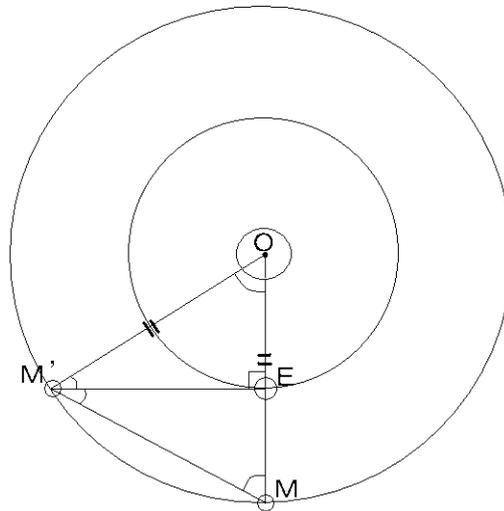
衝と東距それぞれの状態のときの視直径の比は、その時の地球からの距離比に反比例する。したがって図中 $EM : EM'$ は結果の値より視直径の比が $23.2'' : 10.2''$ なので、 $10.2 : 23.2$ となる。また、三角比を利用して $EMM' : EM'M$ は $EM : EM'$ の逆比となるので、 $EMM' = 62.5^\circ$ となる。そして、 OMM' は半径が等しい二等辺三角形になるので、 $MOM' = 55.0^\circ$ となる。

同じように、 $EOM' : EM'O$ は $OE : EM'$ に反比例する。よって、 $EOM' (MOM') : EM'O = 55.0^\circ : 35.0^\circ$ より、 $OE : EM' = 35.0 : 55.0$ となる。

ここで、 $EM : EM' = 10.2 : 23.2$ で且つ $OE : EM' = 35.0 : 55.0$ より、 $OE : EM = 35.0 : 24.2$ となる。

これより、太陽地球間の距離を $1AU$ とすると $OE = 1$ となるので $OE : EM$ の比より火星の公転半径 $OM = 1.69AU$ となる。

また、ケプラーの第三法則により、惑星の公転周期の二乗はその軌道半径の三乗に比例する事を利用して、地球の公転周期を 365 日、軌道半径を $1AU$ として比例定数 K を求める。火星の軌道半径は上で求めた $1.69AU$ とすると、火星の公転周期 616.9 日となる。



< 図 3 > 位置関係図

結論

この観測の結果、火星の軌道半径は $1.69AU$ 、公転周期は 616.9 日となった。

実際の火星の軌道半径は、大接近時で約 $1.33AU$ の理論値であり、誤差が生じた原因としては画像解析における直径の取り方が挙げられる。

また、実際の公転周期は 687 日で、観測結果は 616.9 日と小さい値が出ている。これは、今回の観測は火星が大接近していた時のものなので、楕円形をしている火星の公転軌道においてその軌道が短い部分で計算したためだと考えられる。

謝辞

今回の研究にあたり、慶應義塾高等学校の松本直記先生には、観測全般に渡り大変お世話になりました。また、熊本大学助教授の佐藤毅彦先生には、ガーナのインターネット天文台を遠隔操作する際にご指導を受け大変お世話になりました。ありがとうございました。

参考

<http://www.kk-system.co.jp/Alpo/ToUcam/Registax.htm>

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A1%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B8>