

地学研修

2009.12.1 (河原)

ケプラーの法則

【歴史的な背景】

①コペルニクスによる地動説（「天体の回転について」1543年）後も、すぐには受け入れられなかった。  
 ②ケプラーの時代（ヨハネス・ケプラー、1571～1630）はまだ天動説と地動説がせめぎ合っていた。  
 ブルーノが火炙りの刑（1600年）、ガリレオの裁判（1633年）。地動説を捨てることを条件に減刑。ガリレオの無罪と名誉挽回は1992年、ヨハネ・パウロ2世によるまで、約350年も要した。）など、この時代は地動説を主張するには危険をともなった。

③ティコ=ブラーエ（1546～1601）は当時としては極めて正確な観測をおこなった。（精度5秒を追求）その精度をもってしても年周視差は見つけられず、かえって天動説を補強する結果となった。しかし、同時に正確なデータは惑星の運動が等速円運動をしていないことを示していた。（年周視差は

④ケプラーはティコのこれらのデータを使って惑星（火星）についての法則を見つけた。

⑤等速ではない・・・太陽の近くで速く、遠ざかると遅い・・・面積速度が一定となるような動き・・・第二法則の発見。

最初の発見は、第二法則（面積速度一定の法則、1609年） 法則の名前順ではないことに注意。その後第一法則（楕円軌道、1609年）を発見している。

⑥ケプラーとティコ=ブラーエとの関係は謎が多い。（ティコの墓からティコの毛髪を採取して分析したら、異常な水銀が検出された。（1991年、1996年）毒殺？この辺りは「ケプラー疑惑」（ジョシユア・ギルダ、地人書館）を読むと面白い。ケプラーが毒殺したとか？）

⑦楕円であることはケプラーにとってもショック。（ケプラーは、「宇宙は神によって幾何学的に支配されている」と考えていたので）

⑧第三法則（調和の法則、1619年）は難儀した。公転周期が公転半径の $1\frac{1}{2}$ 乗に比例することを発見するには第二、第一法則の発見から、なお10年以上の歳月を要し、70回以上の検算を行ったという。桁数の大きい数値データからこの法則を見つけてるのはケプラーの執念としか言いようがない。ケプラーの時代はまだ対数の概念がなく、対数表を使えば割と簡単に発見できたかもしれない。（対数は1614年にイギリスで発明されるが、プラハで出版されたのは1620年のことで間に合わなかった）  
 とにかくケプラーの法則は、経験則として見ていだされたものだけということ。理論的な解明は後にニュートンの万有引力の法則でなされた。

【資料の見方】

① グラフ用紙のSが太陽、Sを中心とする半径4cmの円は地球の軌道です。資料のイとロのデータを記入した図があります。これより火星の位置をもとめます。同様なことを数多くとれば火星の軌道が求められるというわけです。一週りやるには20年くらいデータが必要となります。

② 1965年4月13日の夜、地球は、春分点の方向とSE<sub>0</sub>のなす角=202.5°であるE<sub>0</sub>の位置にあります。（この角度を日心黄経といいます）  
 そのとき火星が春分点の方向となす角=159.0°の方向にあることが観測されました。（この角度を地心黄経といいます）このデータより、直線E<sub>0</sub>Pを引く。火星は直線E<sub>0</sub>Pのどこかに存在します。

③ 火星の公転周期は1.88年(687日)であることがわかっています。これより、火星は1967年3月1日に元の位置に戻ってきます。そのとき地球は、春分点の方向とSE<sub>0</sub>なす角=160.0°であるE<sub>0</sub>'の位置にあります。そのとき火星が春分点の方向となす角=212.0°の方向にあることが観測されました。  
 このデータより、直線E<sub>0</sub>Qを引くと、火星は直線E<sub>0</sub>Qのどこかに存在するはずで

④ この2つの日には同じ場所にいる火星を観測しているわけですから、その火星の位置とはE<sub>0</sub>PとE<sub>0</sub>Qの交点になります。こうしてM<sub>0</sub>が決まりました。

【作図の手順】

- ① M<sub>0</sub>を記入します。
- ② 表1の地球・火星のデータからM<sub>0</sub>と同様にM<sub>1</sub>～M<sub>7</sub>の位置を求めます。
- ③ これらの8点をなめらかな曲線で結んで、火星の軌道を作図します。

【火星軌道決定資料1】

年月日	地球の位置	地球と春分点のなす角度 (日心黄経L)	火星と春分点のなす角度 (地心黄経入)	火星の位置
1、1965. 4. 13	E <sub>0</sub>	202.5°	159.0°	M <sub>0</sub>
ロ、1967. 3. 1	E <sub>0</sub> '	160.0°	212.0°	
1967. 6. 2	E <sub>1</sub>	251.0°	196.0°	M <sub>1</sub>
1969. 4. 19	E <sub>1</sub> '	208.5°	256.5°	
1969. 7. 21	E <sub>2</sub>	297.5°	243.0°	M <sub>2</sub>
1971. 6. 8	E <sub>2</sub> '	256.5°	316.0°	
1971. 9. 9	E <sub>3</sub>	345.5°	313.0°	M <sub>3</sub>
1973. 7. 27	E <sub>3</sub> '	303.5°	22.0°	
1973. 10. 28	E <sub>4</sub>	34.0°	30.5°	M <sub>4</sub>
1975. 9. 15	E <sub>4</sub> '	351.5°	77.5°	
1975. 12. 17	E <sub>5</sub>	84.5°	82.5°	M <sub>5</sub>
1977. 11. 3	E <sub>5</sub> '	40.0°	123.0°	
1978. 2. 4	E <sub>6</sub>	134.5°	118.0°	M <sub>6</sub>
1979. 12. 23	E <sub>6</sub> '	90.5°	162.5°	
1980. 3. 25	E <sub>7</sub>	184.0°	146.5°	M <sub>7</sub>
1982. 2. 10	E <sub>7</sub> '	140.5°	199.0°	