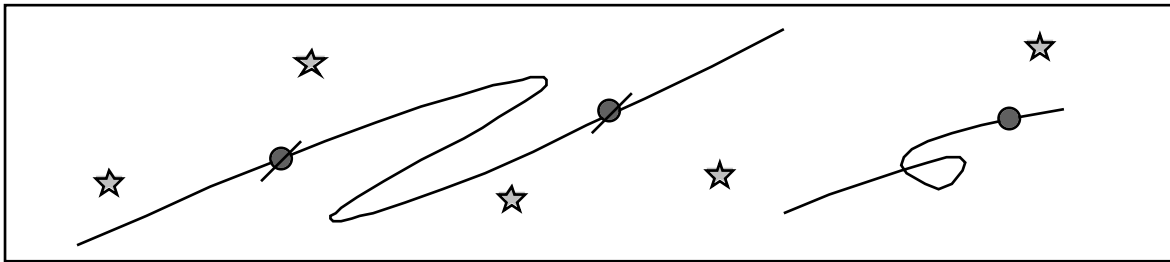


2 . 重力

2 - 1 放物運動と惑星の軌道

- ・ 惑星の軌道（天動説から地動説へ）

古代文明発祥～ 17世紀：惑星の運動の解明は自然科学の中心課題の一つ



a) 聖書

” 天地創造（7日），地球は宇宙の中心 ” => 神々（悪魔）の仕業（星占い）
天動説（トレミー，AC120年）

説明に複雑な仕組みを必要とした（周天円）

b) コペルニクス

地動説（1543年）

” 太陽が宇宙の中心，地球や惑星は円運動 ”

単純な仕組みを求めた

正確な位置の予報はできなかった（現実には楕円軌道だったため）

地球が太陽のまわりを巡る根拠はなかった

c) ティコ・ブラーエ（望遠鏡発明以前での最高の観測天文学者）

天動説か地動説か、決着は観測事実でつけばよい

=> 惑星の運行の精密な測定（理論的な検討はケプラーへ）
3角視差による大気現象と天文現象との区別（新星，彗星，惑星など）
年周視差の検出（検出できず）

ティコの天動説（1582年）

” 地球は宇宙の中心，太陽は地球を回る，他の惑星は太陽を回る ”

地球が動く証拠が検出できなかったことを根拠として採用した説

d) ヨハネス・ケプラー

ティコの残したデータ（特に火星）から、巧く説明できる数学的経験則を発見

= > ケプラーの法則（1609～18年）

第1法則：惑星の軌道は、太陽を焦点とする楕円

第2法則：太陽を巡る面積速度は一定

第3法則：公転周期の2乗は、軌道長半径の3乗に比例

e) ガリレオ・ガリレイ

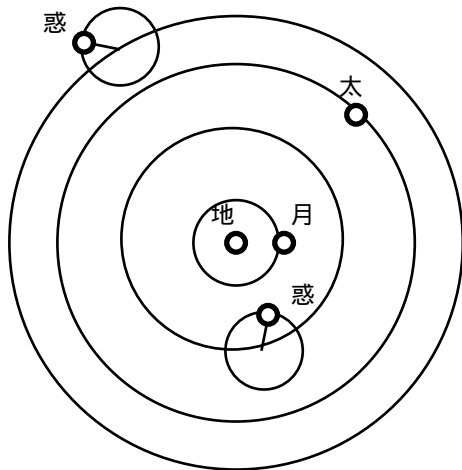
物理学・天文学上の発見を数多くした

望遠鏡による天体観測：土星の耳、月のクレーター、太陽黒点、木星の衛星など

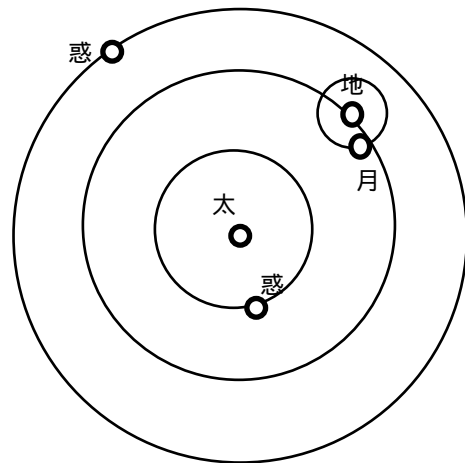
聖書の記述はデタラメ = > 天動説も誤り

天動説を否定する直接証拠や惑星の運行の仕組みに対する発見はない

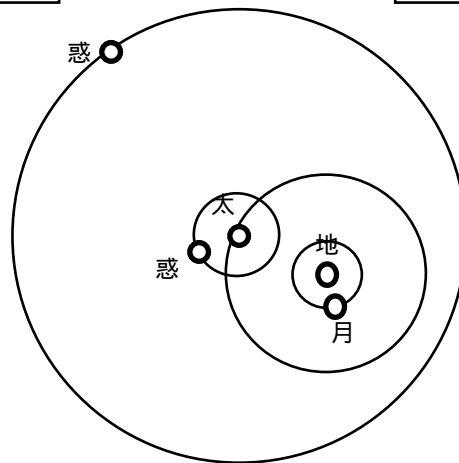
= > 地動説を盲信（宗教裁判：1633年）



トレミーの天動説

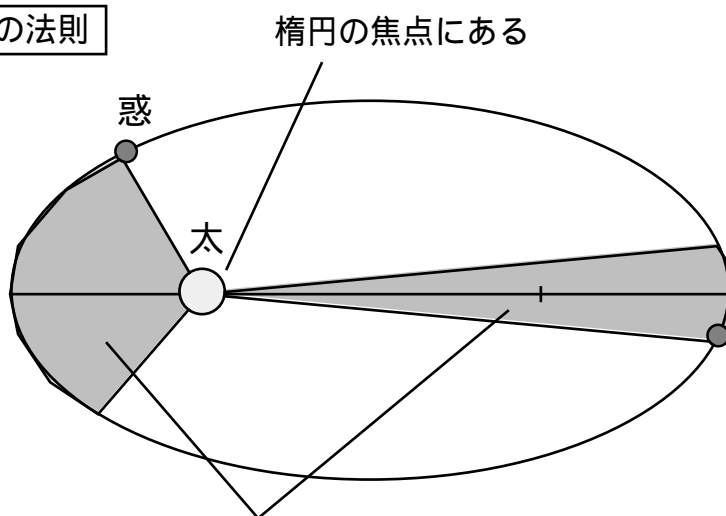


コペルニクスの地動説



ティコの天動説

ケプラーの法則



単位時間内に描く面積は
いつも一定

大きい軌道の惑星は
一周するのに時間が
かかる

d) アイザック・ニュートン

万有引力と運動の法則 (1687年) = > ケプラーの法則を理論的に導く

太陽系天体の取りうる軌道：楕円，放物線，双曲線

惑星の運行が極めて高い精度で、予測できるようになった

= > ハレー彗星の回帰 (1705年)，海王星の発見 (1846年)

・万有引力の発見

ニュートンのアイデア

地上の物体の放物運動
月の周回運動 } = > 同種の力によって起こる

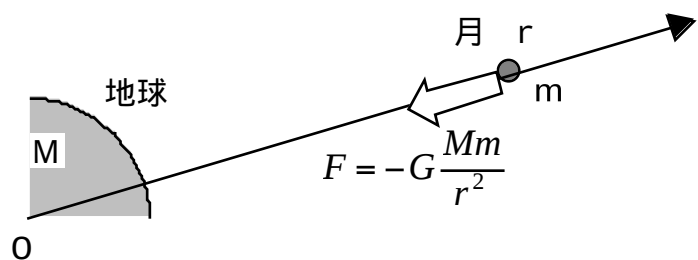
万有引力

2つの物体間に働く引力，源は物体の " 質量 "

$$F = -G \frac{Mm}{r^2}$$

$$G = 6.672 \times 10^{-11}$$

$$[\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}]$$



例) 地表のリンゴ

リンゴ (質量 m) の受ける万有引力

距離 r = > 地球の半径: R

$$\text{運動方程式: } ma = -G \frac{Mm}{R^2}$$

地球の質量: $M = 6 \times 10^{24} [\text{kg}]$

半径: $R = 6.4 \times 10^6 [\text{m}]$

$a = 9.773 [\text{m/s}^2]$: 重力加速度 = > 万有引力で地表の物体の運動は説明可能

