

天動説と地動説

～コペルニクスを中心に～



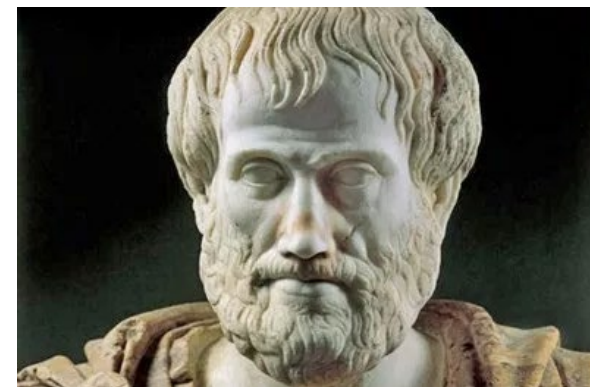
今回の概要

- 地動説と天動説
- ギリシャ時代にあった地動説
- コペルニクスの考え方(動画)

地球を中心とした天体の運動(天動説)

アリストテレス (紀元前384-322年)

地球を中心とした宇宙体系をまとめる。



プトレマイオス (83-158年)

著作「**アルマゲスト**」: 惑星の逆行運動など



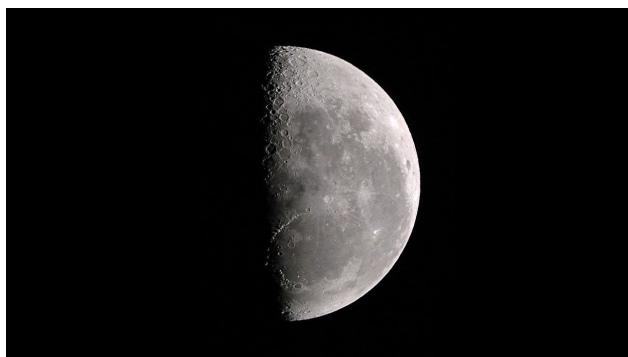
地球を中心とした惑星などの運動モデルを提唱



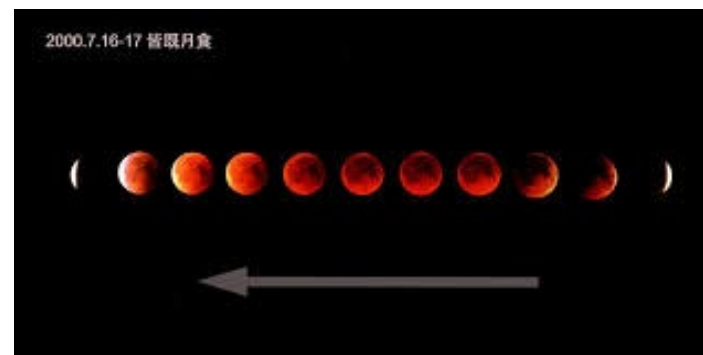
古代ギリシャにも地動説

アリストタリコス (Aristarchos, 紀元前310-230年頃)

太陽、地球、月の大きさの比を推定し、
地球が太陽の周りを回っていることを示唆



半月



月食

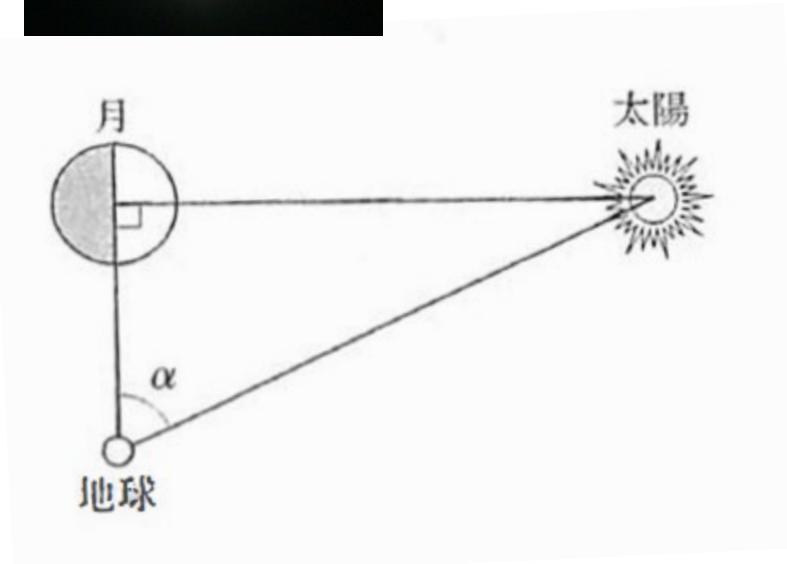
太陽 vs 月 の大きさ

太陽と月の見かけの大きさは同じ(例: 日食)



しかし、半月のとき角度 α を測定: $\alpha=87^\circ$

➡ $\frac{\text{地球と月の距離}}{\text{地球と太陽の距離}} = \cos 87^\circ \approx \frac{1}{19}$

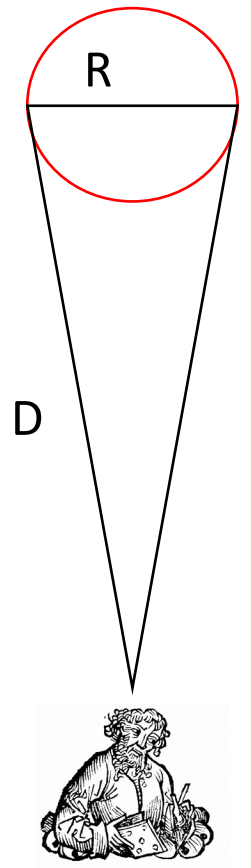


➡ $\frac{\text{月の直径}}{\text{太陽の直径}} = \frac{\text{地球と月の距離}}{\text{地球と太陽の距離}} = \cos 87^\circ \approx \frac{1}{19}$

Rの比

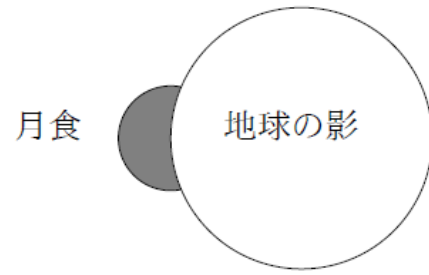
Dの比

∴ 月の直径:太陽の直径 $\div 1:19$... ①

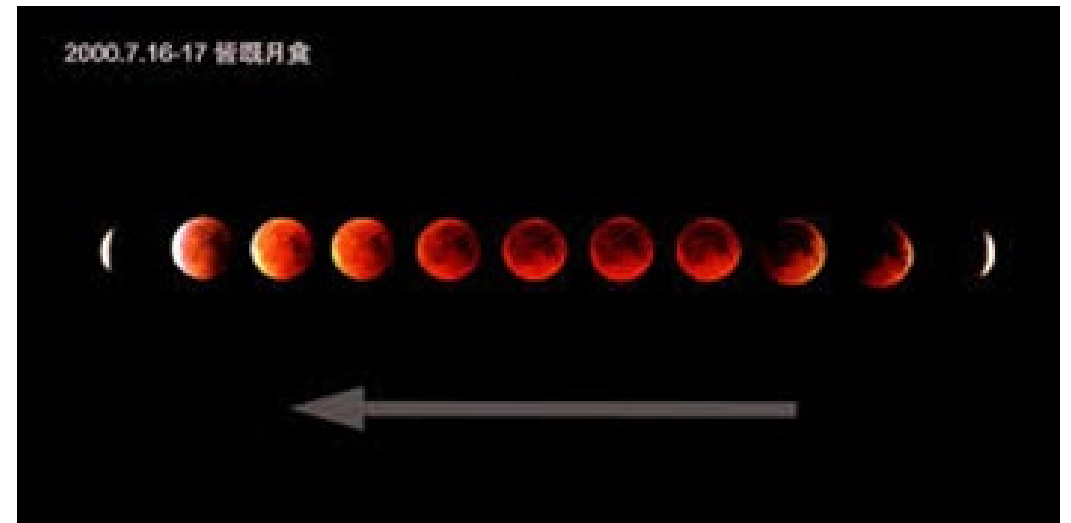
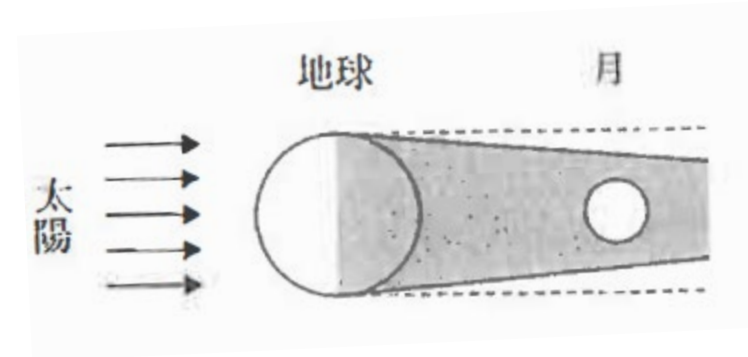


地球 vs 月 の大きさ

月食は、地球の影が月を覆うことから起こる現象



➡ 月の直径 : 地球の直径 \approx 1:3 ... ②



月の直径:太陽の直径 \div 1:19 ...①

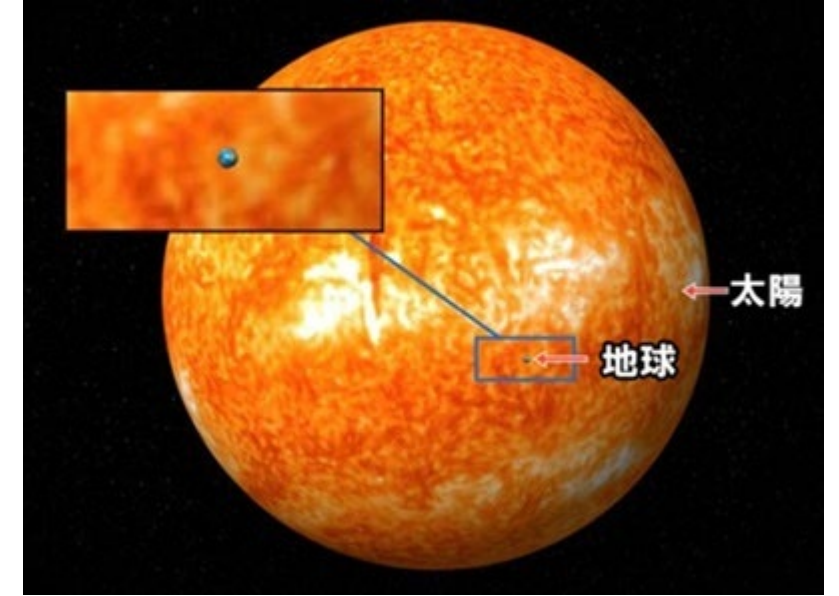
月の直径:地球の直径 \div 1:3 ... ②

➡ 月の直径:地球の直径:太陽の直径 \div 1: 3 : 19

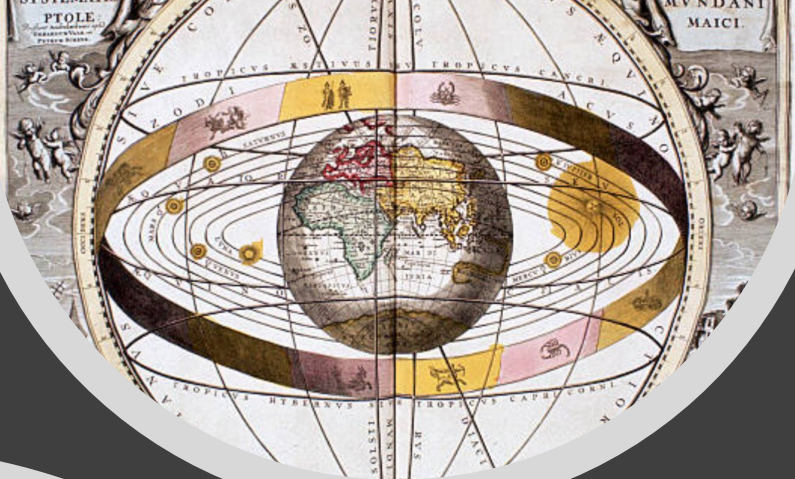
➡ 地球の直径:太陽の直径 \div 1 : 6.3

➡ 地球の体積:太陽の体積 \div 1 : (6.3)³ \div 1: 250

➡ 地球の大きさ ≪ 太陽の大きさ (現在の測定では、10⁶倍)

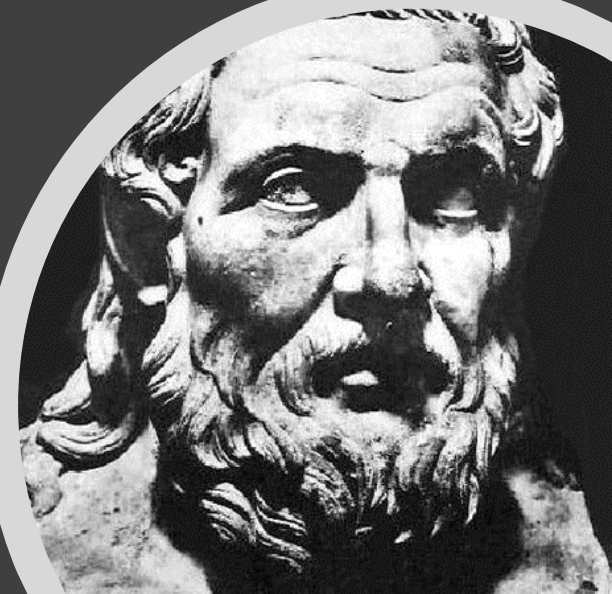


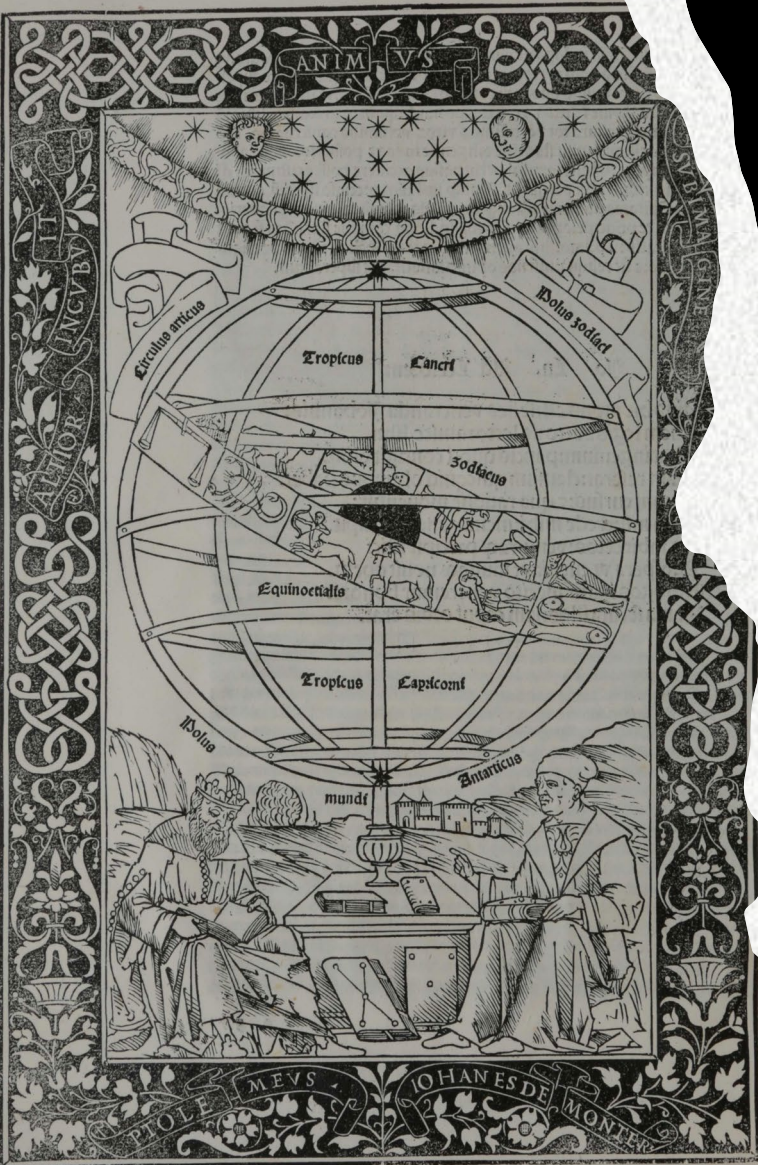
小さな地球の周りをずっと大きな太陽
が回るのは不自然だ・・・太陽の周りを
地球が回っているに違いない



天動説の完成

(完全な円運動の組み合わせ
+ 惑星の運動)





アルmageスト (*Almagest*)

(偉大な数学者
= プトレマイオス)



プトレマイオスの天動説：完全な円運動＋惑星の運動



16世紀まで宇宙観の中心に



その後、穴の大きさを調節できる観測機器などの発明により、惑星の見かけの大きさ(視直径)などの測定など、惑星の位置や距離、日食、月食などの天体の相対位置に関する多量のデータが蓄積



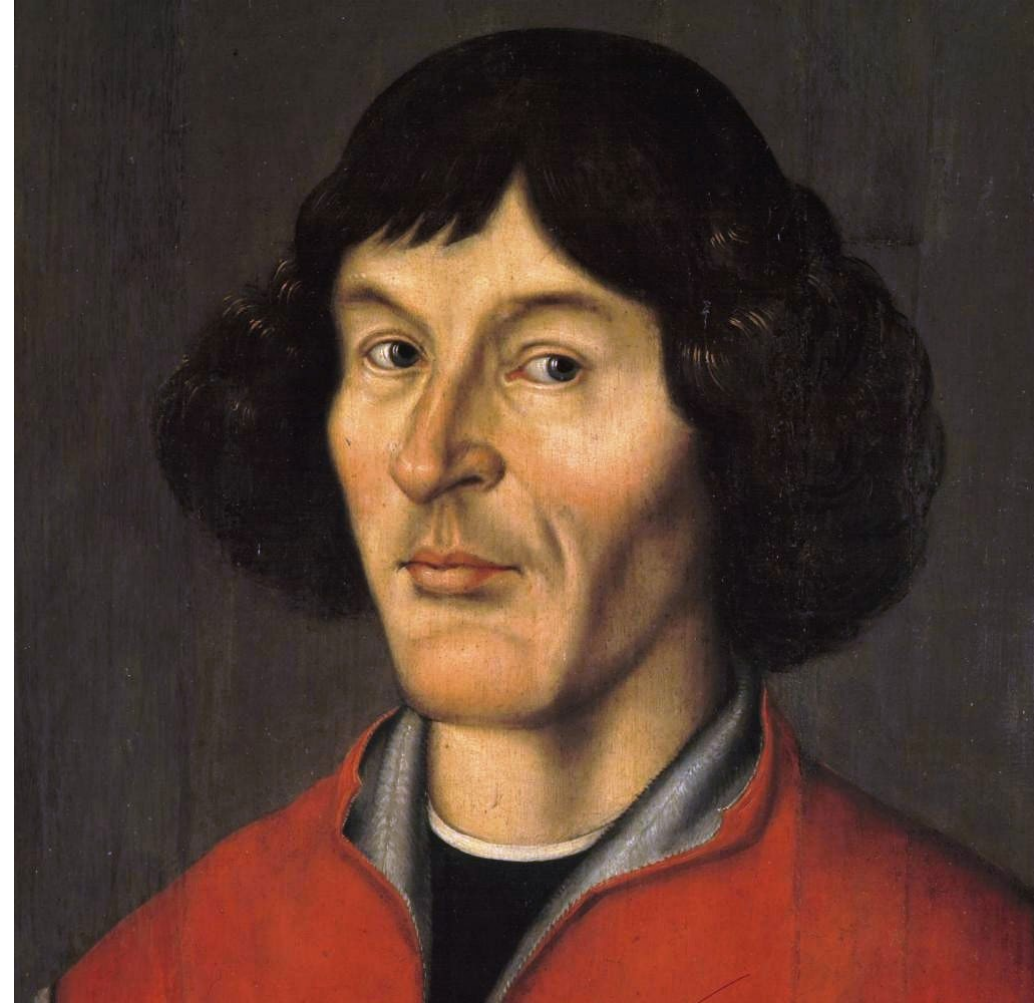
何十もの(球面上の)円運動の組み合わせなどモデルの複雑化

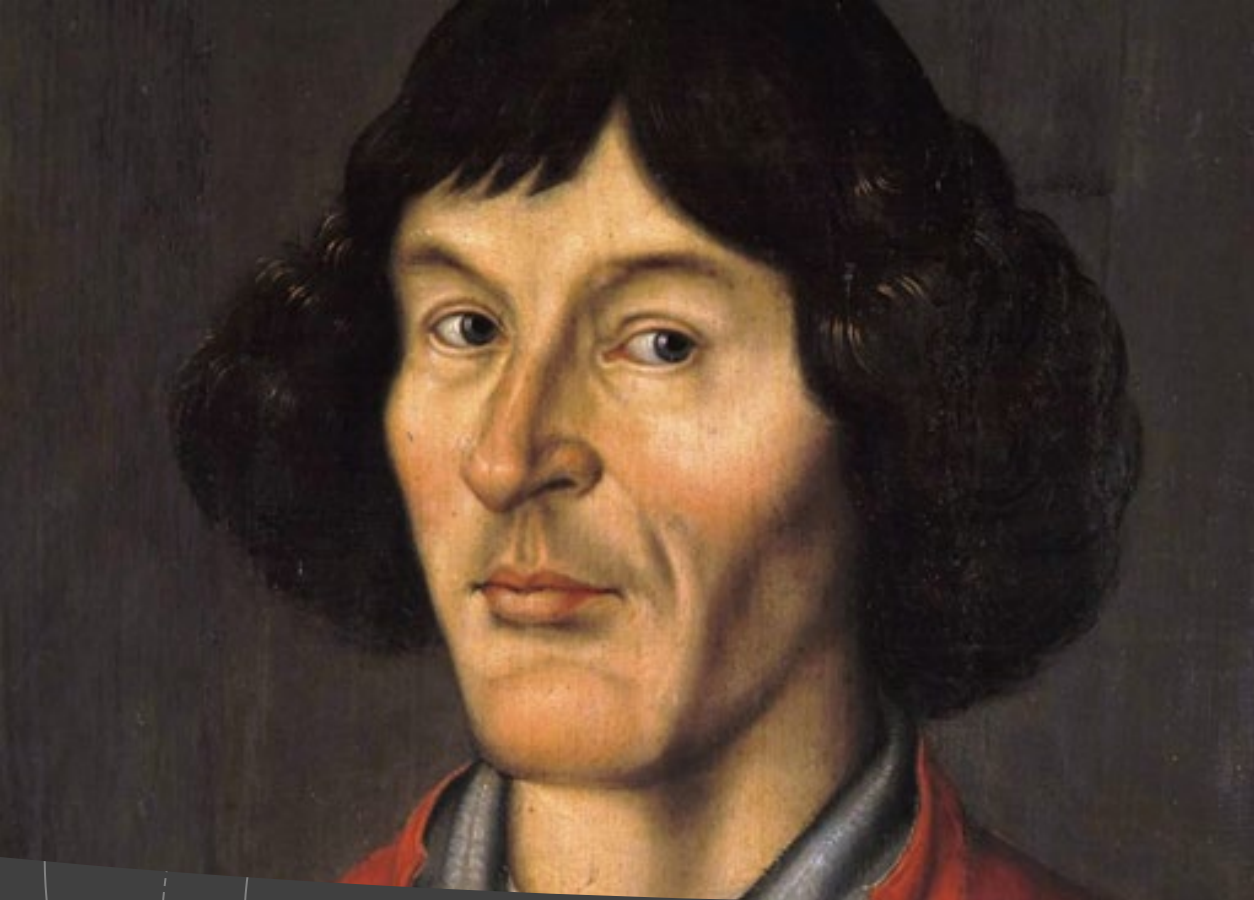
コペルニクス (Copernicus; 1473~1543)

ポーランドの修道院の僧侶

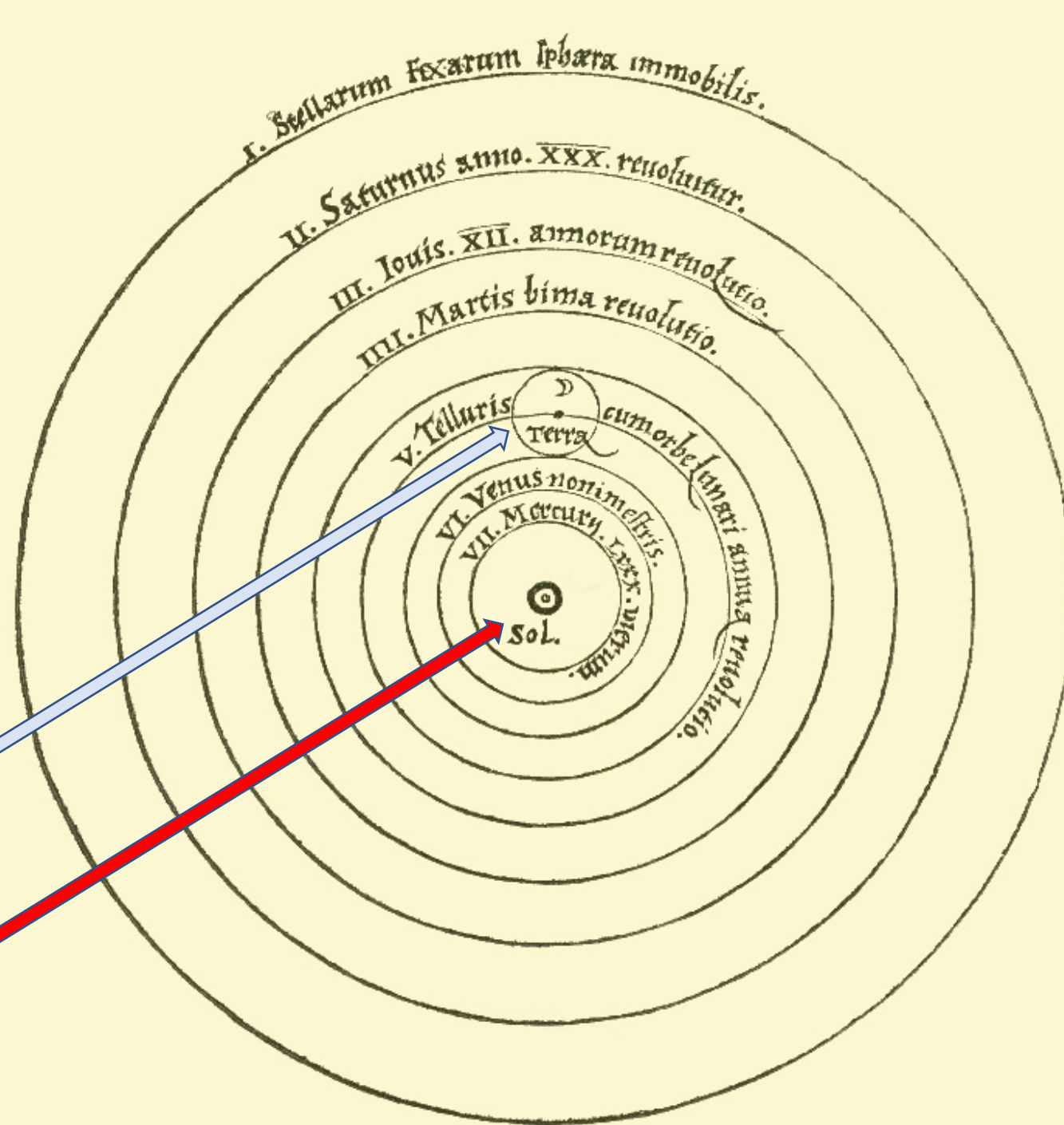
「天体の回転について」(1543):
複雑な天動説に代えて、「地動説」の体系化

コペルニクスの地動説:
太陽を中心として、天体が半径の異なる
「円」運動を行う。





- 「天体の回転について」(1543)



「地球」

「太陽」

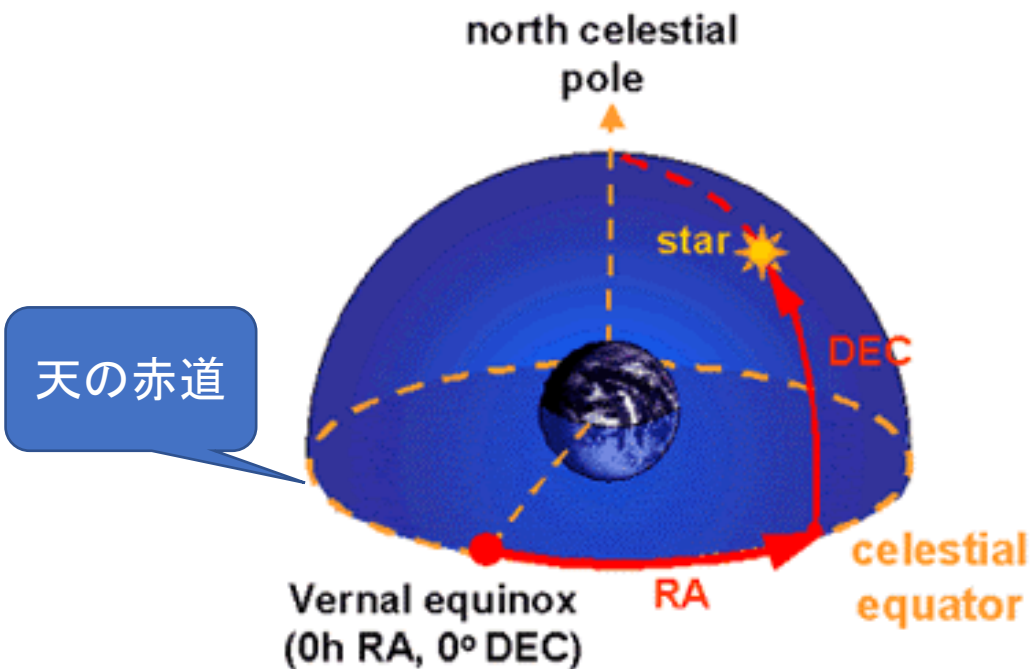
天体の位置の表し方

天球上の天体の位置を、地球面と同様に経度、緯度で表すことが多い。



赤経(RA: Right Ascension), 赤緯(Dec: Declination)

(RA, Dec) = (01h71m10s, +46° 30' 43")



春分点の太陽の位置を0hとする。

24hで一周する。

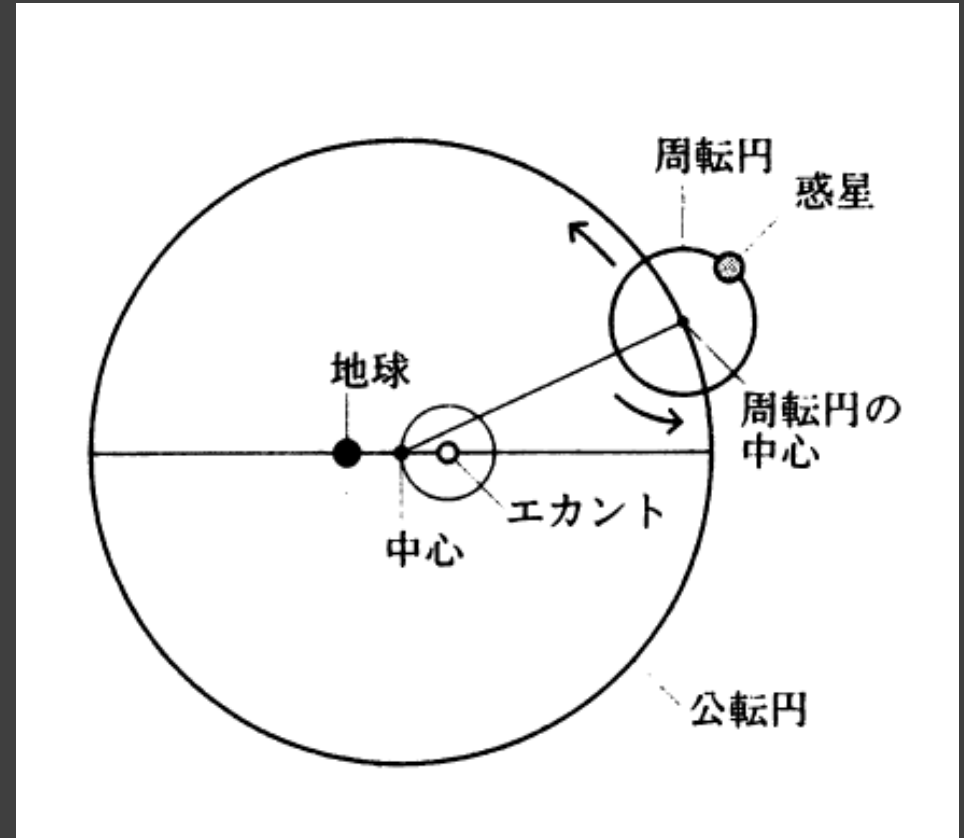
1h = 60 m

1m = 60 sec

±90° で半周する。

1° = 60'

1' = 60''

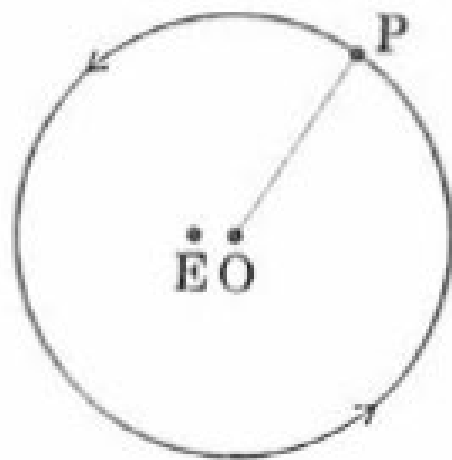


プトレマイオスの天動説

周転円の中心: エカントに近づくと速く、遠ざかると遅く運動する

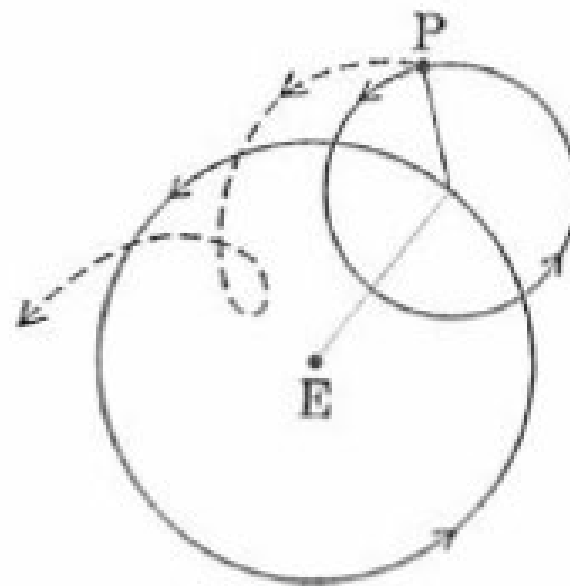


地球から観測する惑星の運動が複雑な非等速運動になる



(a)

離心円



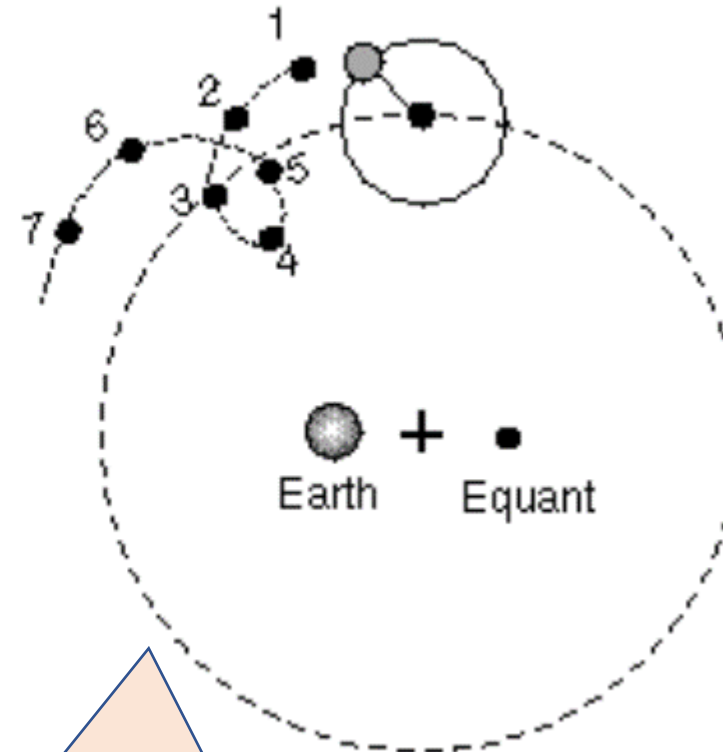
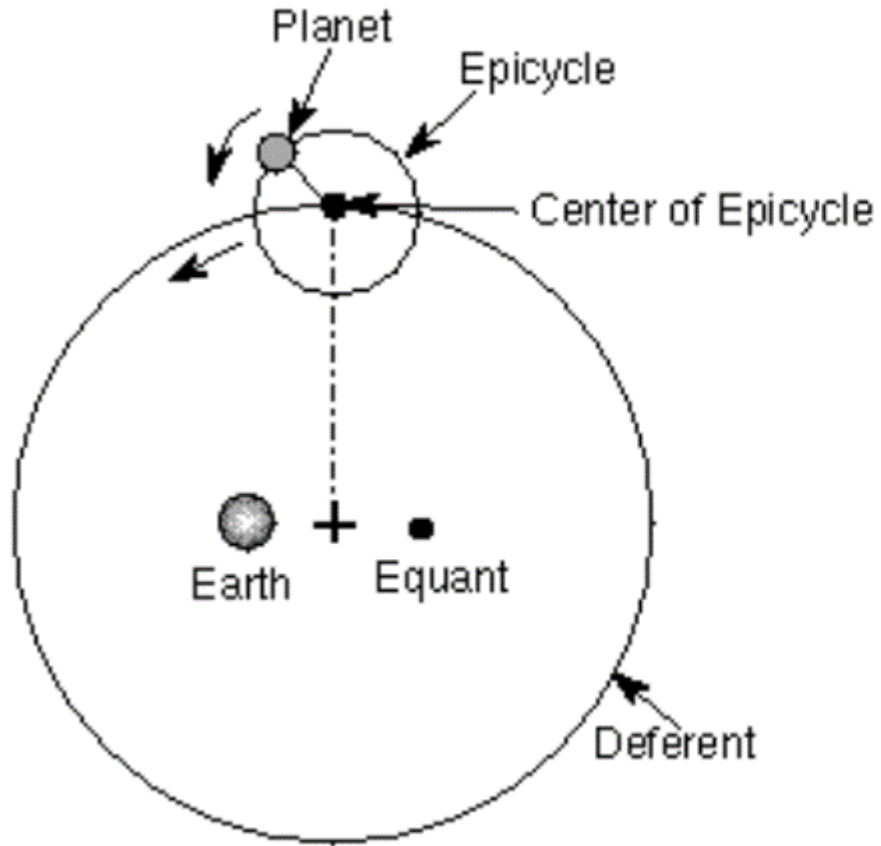
(b)

周転円

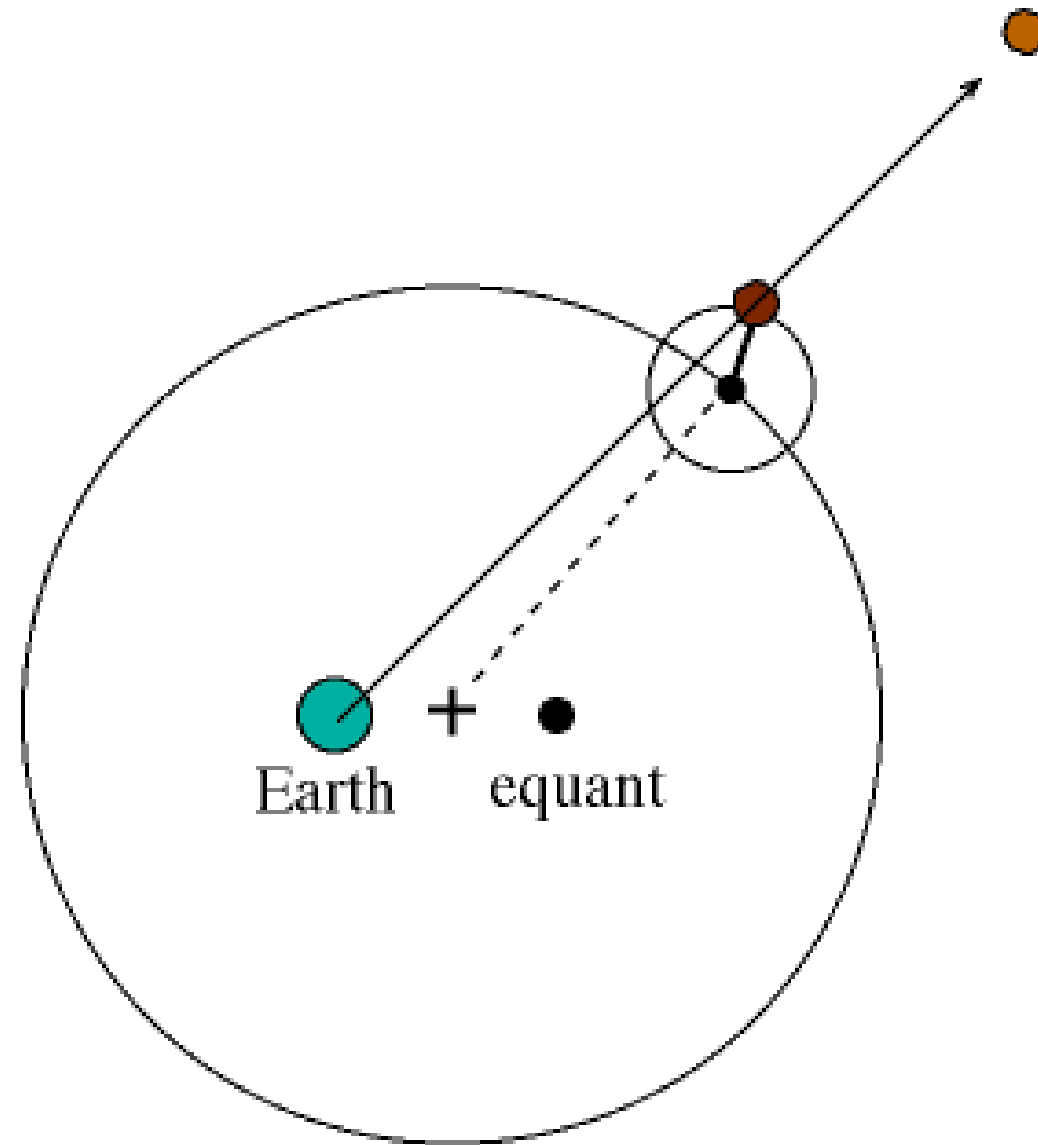
- E: 地球
- P: 惑星
- O: 円の中心

離心円 の導入と周転円の組み合わせ

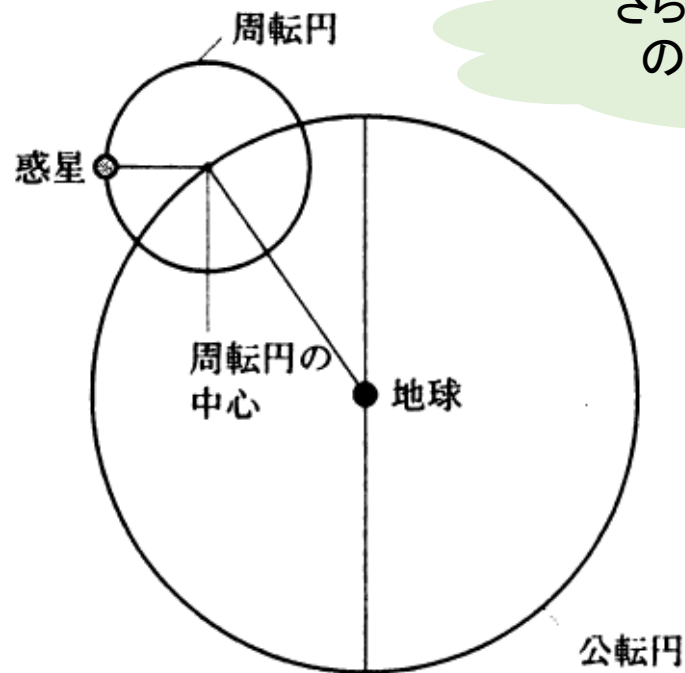
離心円と導心円の組み合わせにより、逆行を再現



点3～5では、地球から見ると
「逆行」するように観測できる。

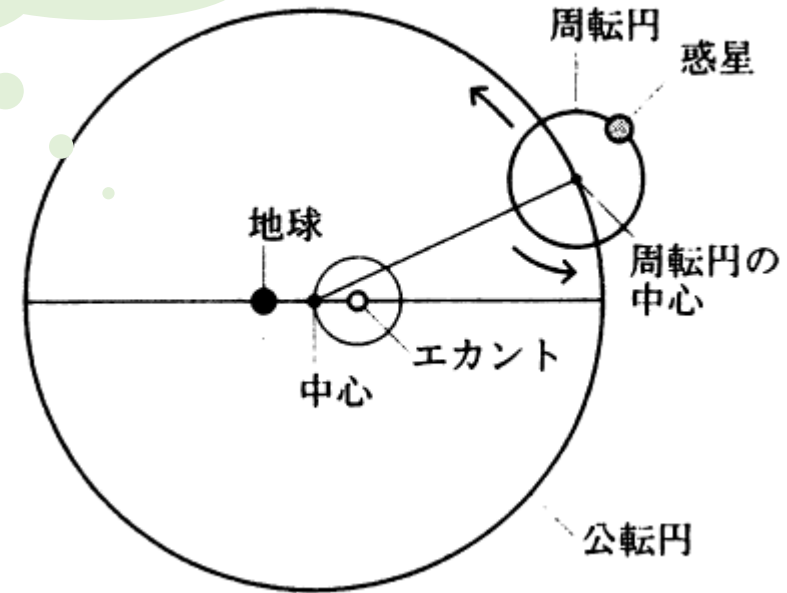


プトレマイオスのエカント(equant)モデル → アポロニウスモデルの改良



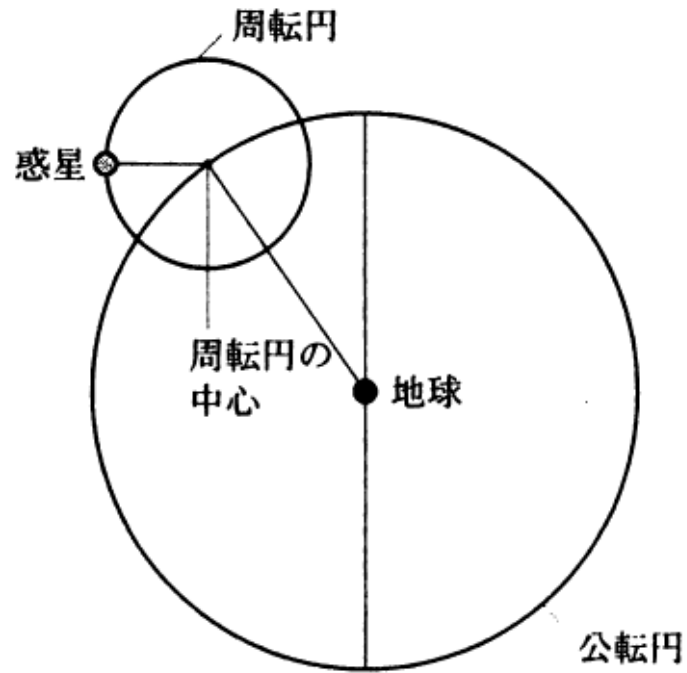
アポロニウスのモデル

さらに、**周転円「中心」**がエカント
の周りを等角速度で運動する



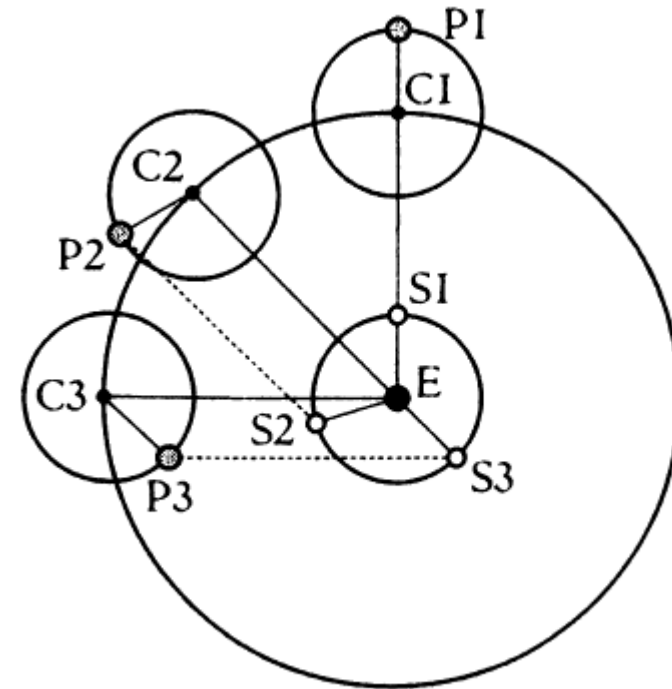
プトレマイオスのモデル

アポロニウスの周転円モデルを例に



アポロニウスのモデル

太陽 S の公転円も加えると...

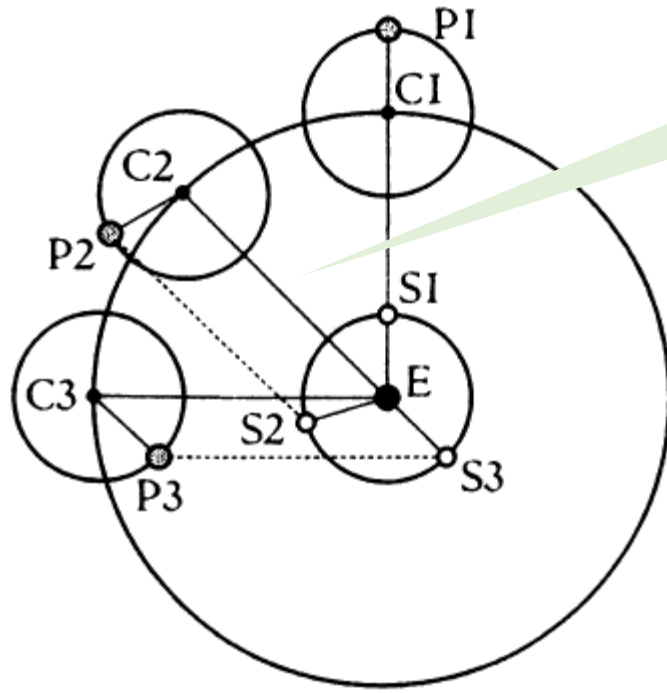


1 → 2 → 3

E: 地球, P: 惑星, S: 太陽, C: 周転円中心

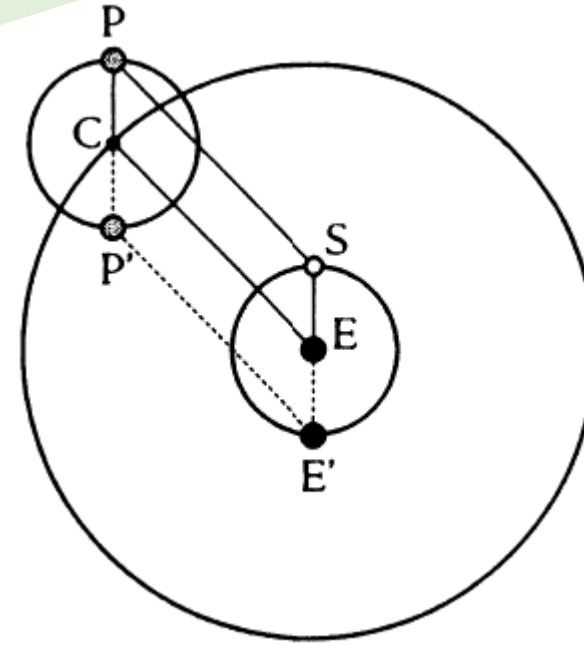
太陽 S の公転円も加えると...

地球 E に対して、ある時刻 の P, S, C
→ 平行四辺形 $PCES$ ができる。
→ この平行四辺形が回転運動する



1 → 2 → 3

E : 地球, P : 惑星, S : 太陽, C : 周転円中心



$S \rightarrow E$

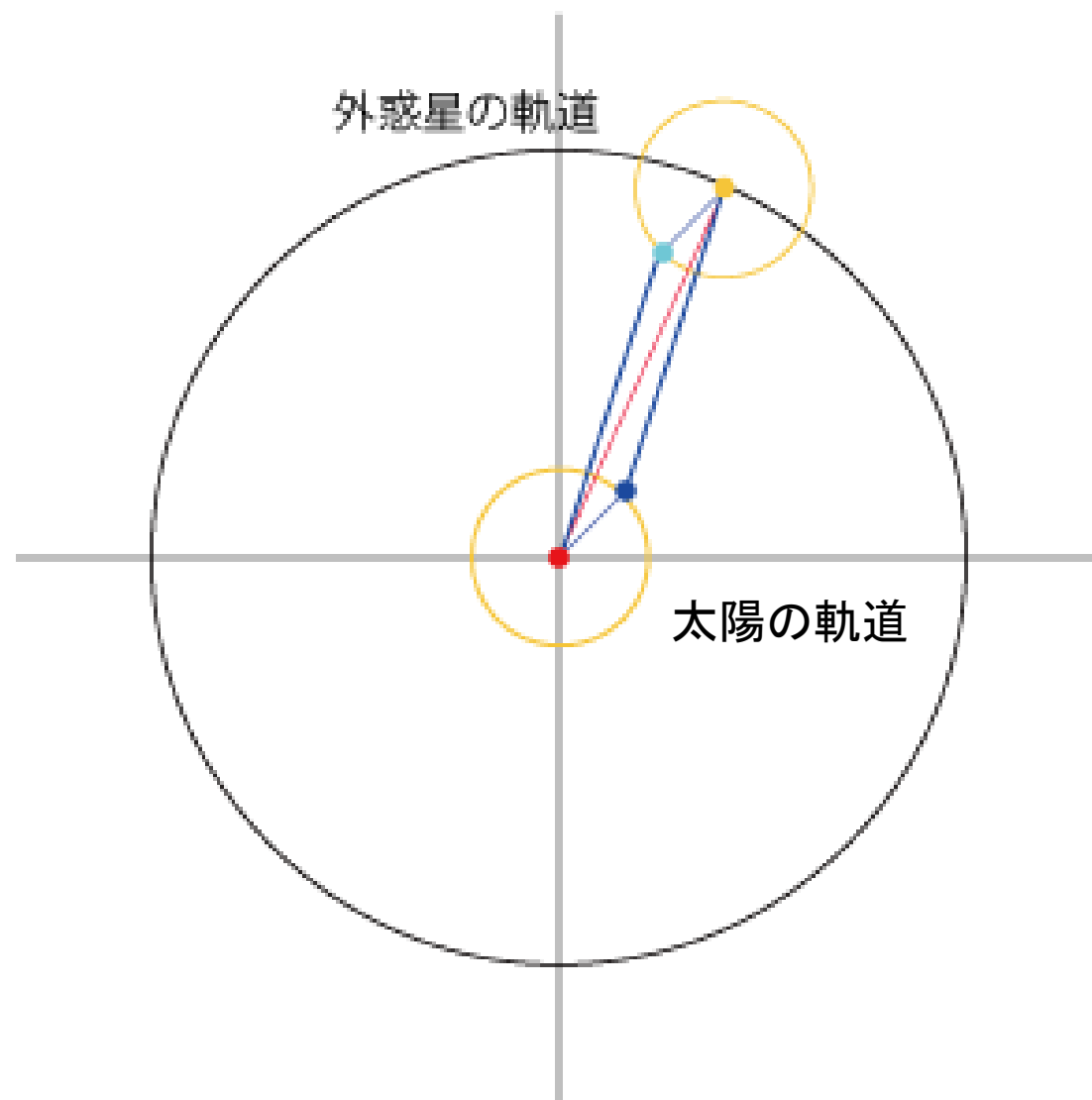
$E \rightarrow E'$ とずらして、地球 → 太陽の周りに回転

$P \rightarrow C$

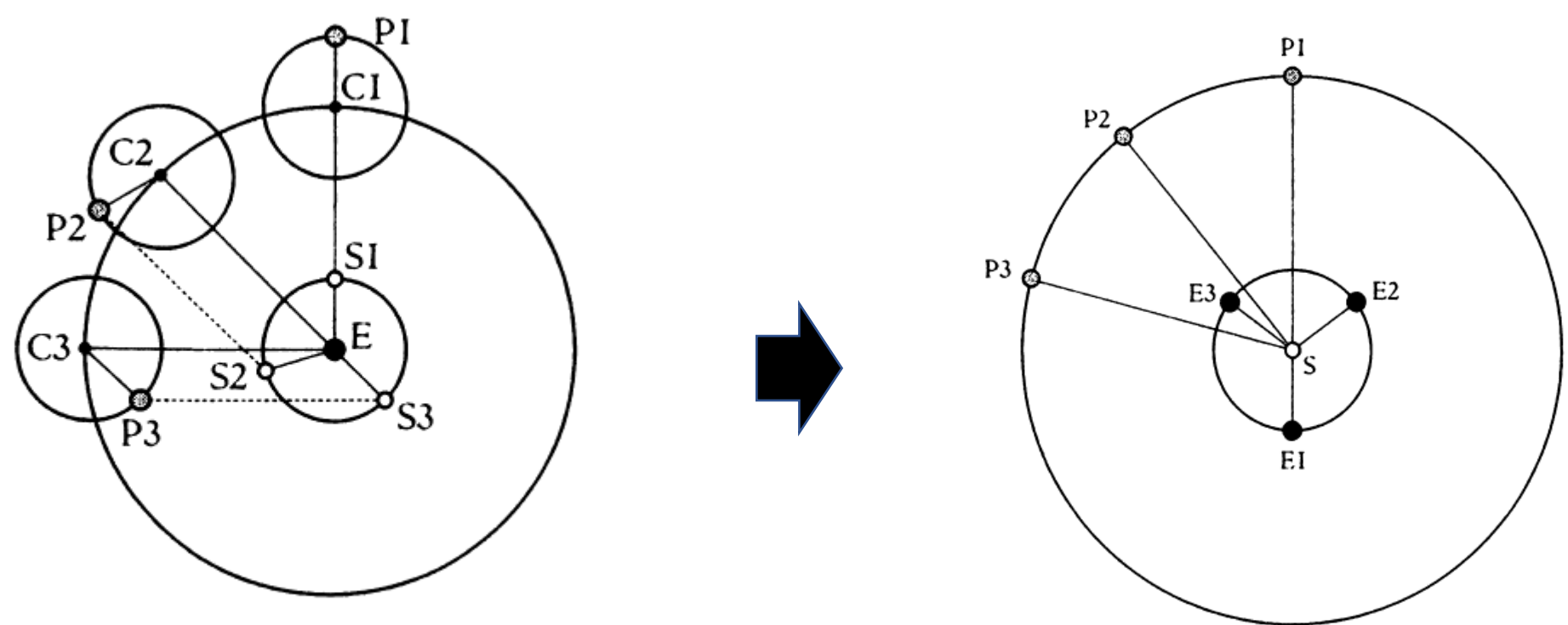
太陽 → 中心に

周転円をなくして、惑星を C として、
太陽中心の周りを円運動

平行四辺形が同じように回転する！



太陽 s の公転円も加えると...



1 → 2 → 3
E: 地球, P: 惑星, S: 太陽, C: 周転円中心

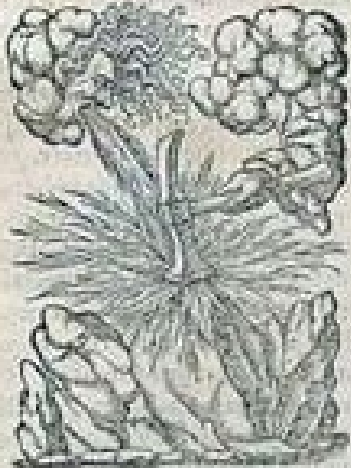
コペルニクスモデル

NICOLAI COPERNICITO- RINENSIS DE REVOLVTIONI- bus orbium coelestium,

Libri VI.

IN QVIBVS STELLARVM ET PL.
XARVM ET ERRATICARVM MOTVS, EX VET.
RIBVS atq; RECENTIBVS OBSERVATIONIBVS, RESITVTIS hic autor.
(Præterea tabulas expeditas luculentatq; addidit, ex quib.
bus eisdem motus ad quodvis tempus Mathe-
maticum studiosus facillime calcu-
lare poterit.

ITEM DE LIBRIS REVOLVTIONVM NICOLAI
Copernici Narratio prima per M. Georgium Ioachi-
mum Rheticum ad D. Ioan. Schone-
rum scripta.

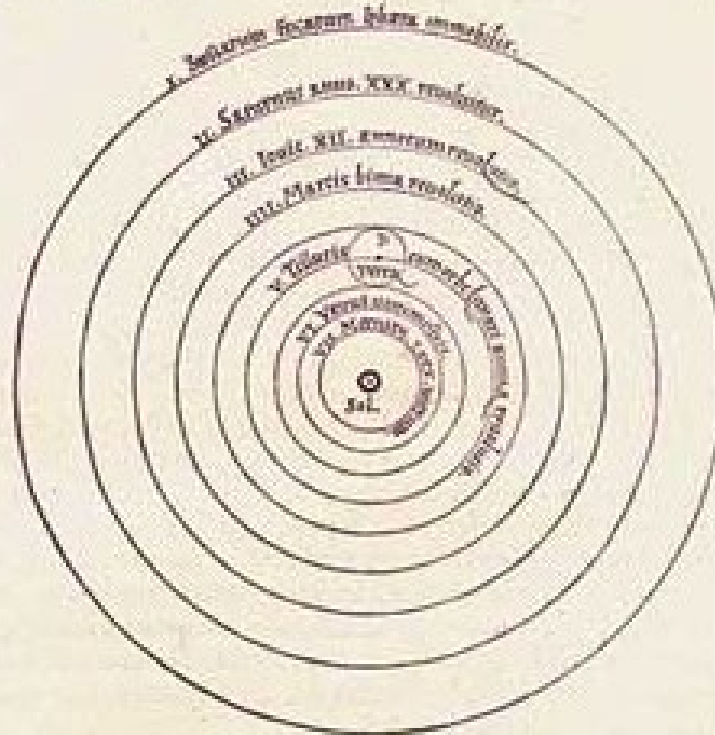


Com. Græci & Privilegio Cal. Marti.

BASILEAE, EX OFFICINA
HENRICI PETRINI.

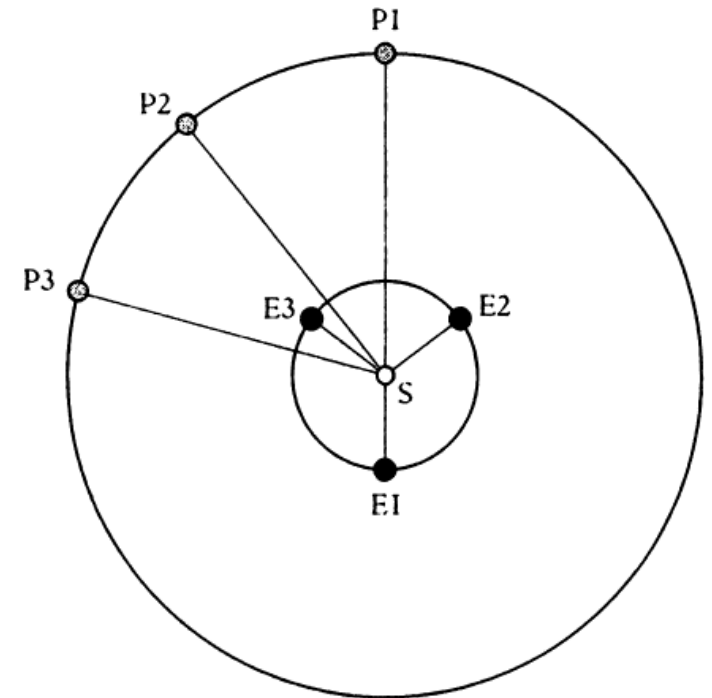
NICOLAI COPERNICI

net, in quo terram cum orbe lunari tanquam epicyclo contineri
diximus. Quinto loco Venus nono mense reducitur. Sextum
deniq; locum Mercurius tenet, octuaginta dierum spatio circū
currente, in medio uero omnium residet Sol. Quis enim in hoc



pulcherimo templo lampadem hanc in alio uel meliori loco po-
neret, quàm unde totum simul possit illuminare. Siquidem non
inepte quidam lucernam mundi, alij mentem, alij rectorem uo-
cant. Trimegistus uisibilem Deum, Sophoclis Electra intuentē
omnia, ita profecto tanquam in solio re gali Sol residens circum
agentem gubernat Astrorum familiam. Tellus quoq; minime
fraudatur lunari ministerio, sed ut Aristoteles de animalibus
ait, maximā Luna cū terra cognatiōē habet. Concipit interea à
Sole terra, & impregnatur annuo partu. Inuenimus igitur sub
hac

「天体の回転について」(1543)





地動説の提唱

しかし、
天動説はすぐに広まらなかった・・・





👉 動画

I. Stellarum fixarum sphaera immobilis.

II. Saturnus anno. XXX. reuoluitur.

III. Iouis. XII. annorum reuolutio.

III. Martis bima reuolutio.

V. Telluris

Terra

cum orbe lunari annis reuolutio.

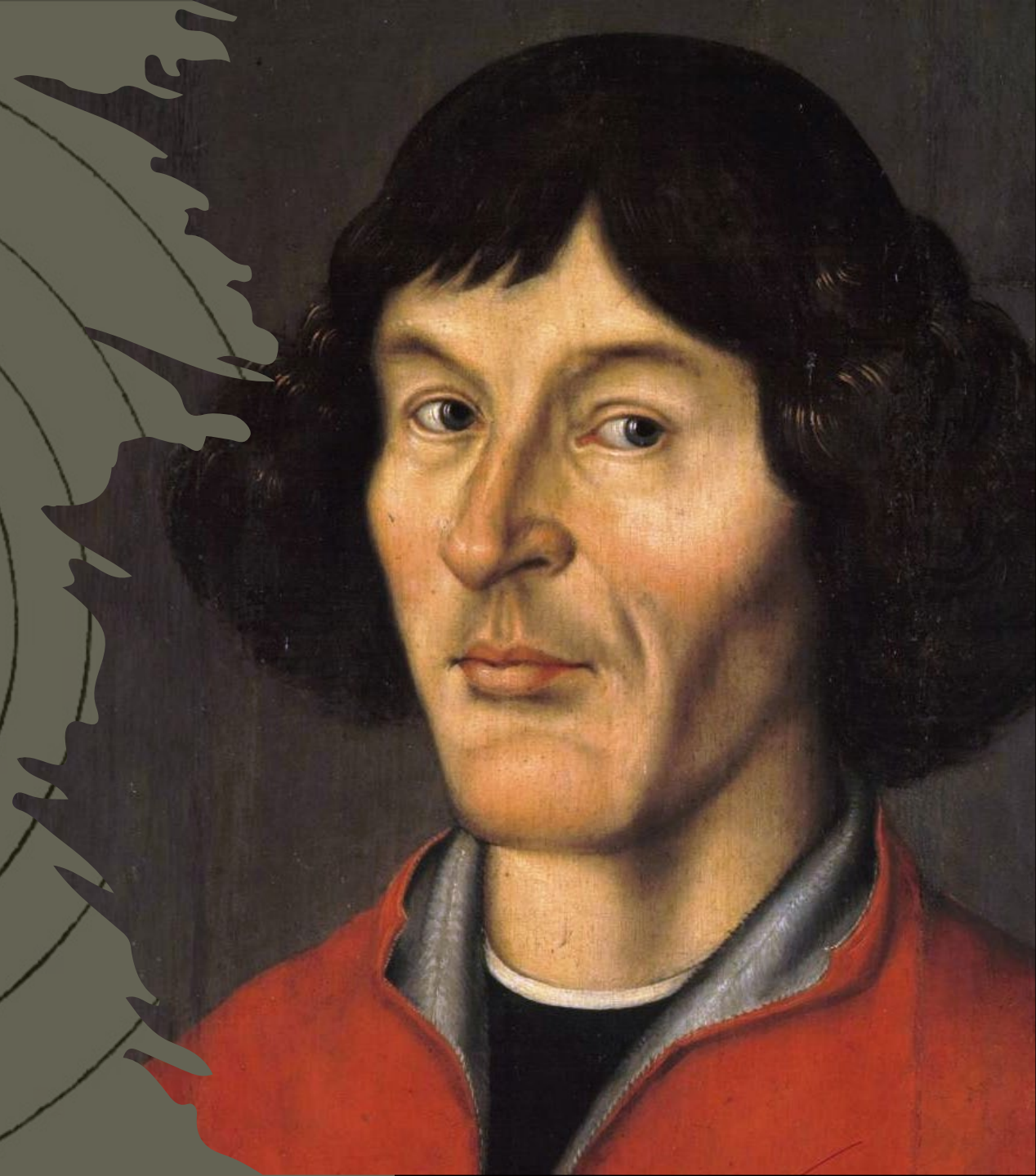
VI. Venus nonimeltris.

VII. Mercurij. LXXX. diebus.

SOL.

Summary

- 天動説から地動説への転換
- 天動説の問題点
- コペルニクスの地動説の特徴



あらゆるものの真中に太陽が座している。
というのは、一体誰が、この最も美しい神殿の中で、
全体を一度に照らすことができる場所とは別の、
あるいは最も良い場所に、この炬火を置けようか。

Copernicus