

# 近代宇宙観の成立

地動説とは何か？

# アリストテレスとプトレマイオスの不一致

- アリストテレス

- 地球を中心とした球殻の回転
- 不変の回転運動 → 速度一定の円運動

- プトレマイオス

- 離心円、周転円
- 速度が一定でない円運動
- 数多くの周転円が必要

・ これらは、惑星の複雑な運動（楕円運動）を記述するために導入。  
・ 結果として、アリストテレス宇宙観とは相いれない

# 自然学と天文学の乖離

- 自然学
    - 世界の成り立ちや、本質、原因などを追及して、それを理解する
  - 天文学
    - 惑星の運動を計算するための道具にすぎない
    - とにかく正しく計算できればよい
  - 世界観の喪失
    - さまざまな惑星理論が乱立
  - 天文学と自然学を一致させる必要性
    - アリストテレスを超えた宇宙観
    - アリストテレスを基準として、天文学を再構成
- 一見、矛盾している

# コペルニクスまでの1300年

- 5世紀：西洋における古代科学の衰退
- 7世紀：イスラム世界に科学の中心が移る
- 12世紀：アリストテレス・プトレマイオスを再輸入
  - 「アルmageスト」はアラビア語

# アリストテレスとキリスト教

- アリストテレスと聖書は必ずしも一致しない。例えば
  - アリストテレス：宇宙に始まりはない
  - 聖書：地球は平ら
- 和解の作業が必要だった。
  - 一部は聖書のほうが譲歩した
  - アリストテレスに対する批判がなされた
    - 物体は止まっているのが自然？
    - 地球が中心？
  - アリストテレスが正しいわけではない、という認識

# 地動説の利点

惑星の距離が決まる  
宇宙の大きさがわかる

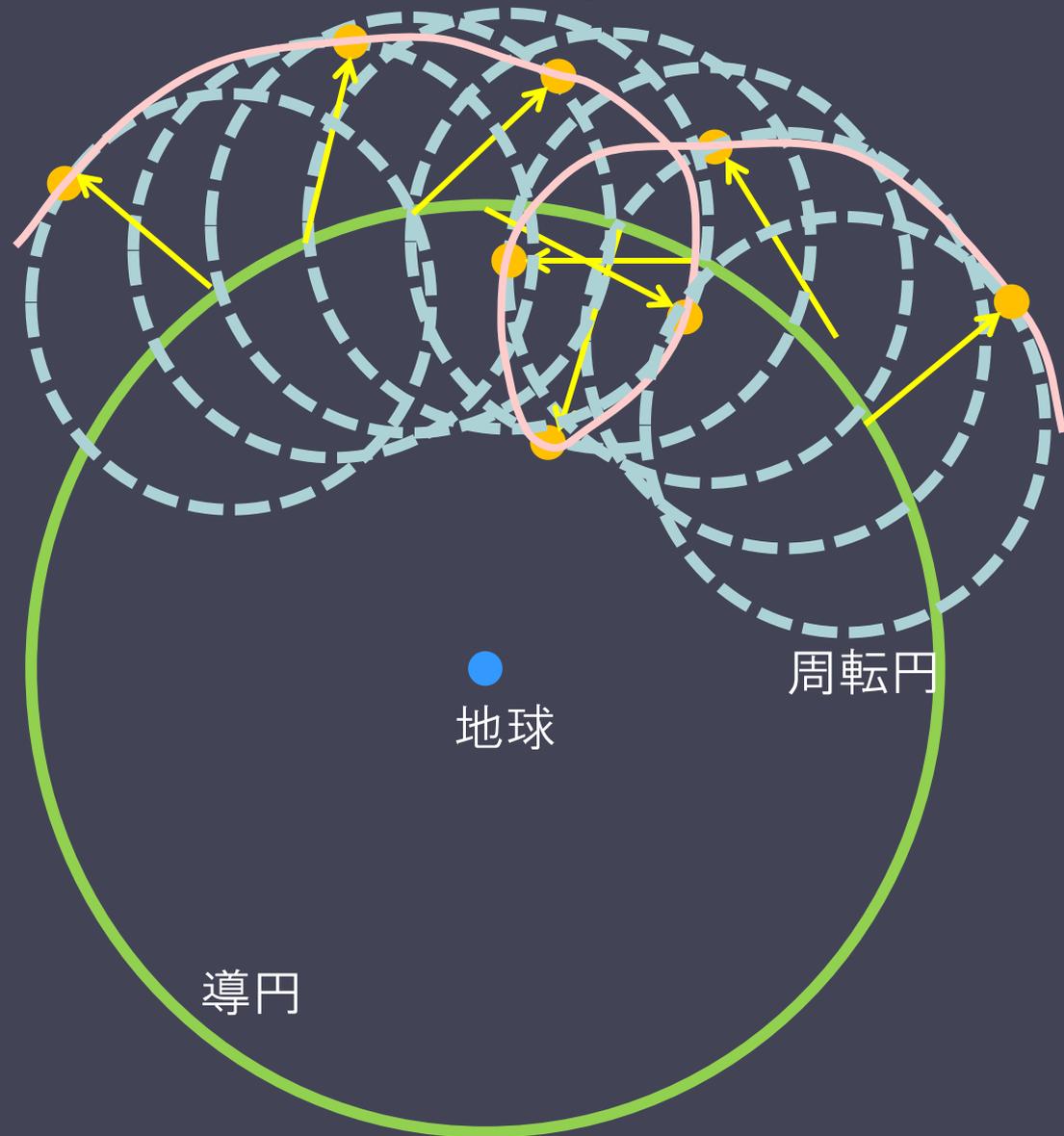
# 天動説による逆行

- 求まるもの

- 導円と周転円の半径の比

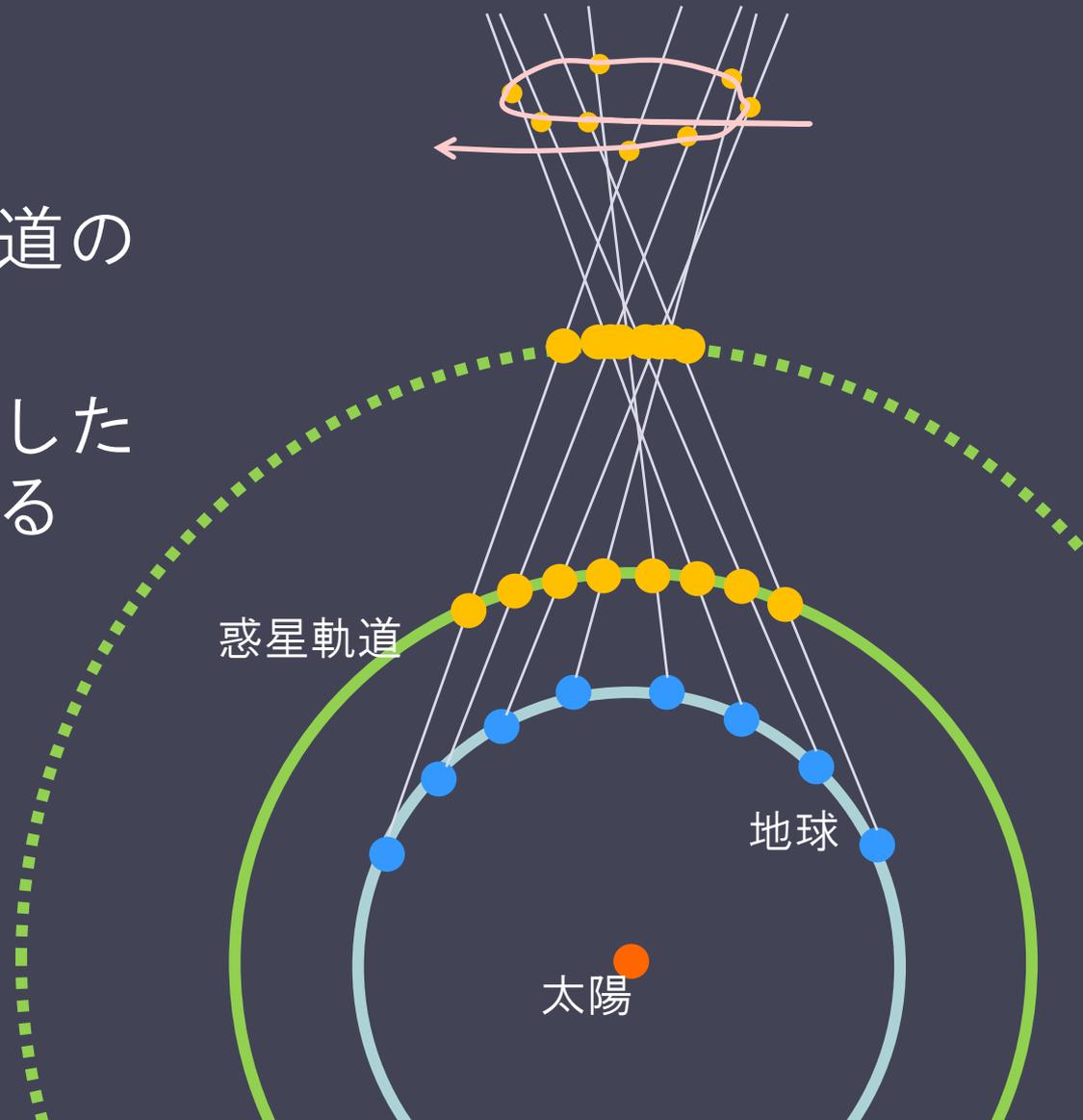
- 惑星軌道と地球軌道の比に対応

- そのことは天動説ではわからない



# 地動説での逆行

- 求まるもの
  - － 地球軌道と惑星軌道の半径比
  - － 天文単位を基準とした惑星の距離が求まる



# 内惑星と太陽の距離

- 惑星の距離の測定が、地動説の直接的証拠となる

地動説



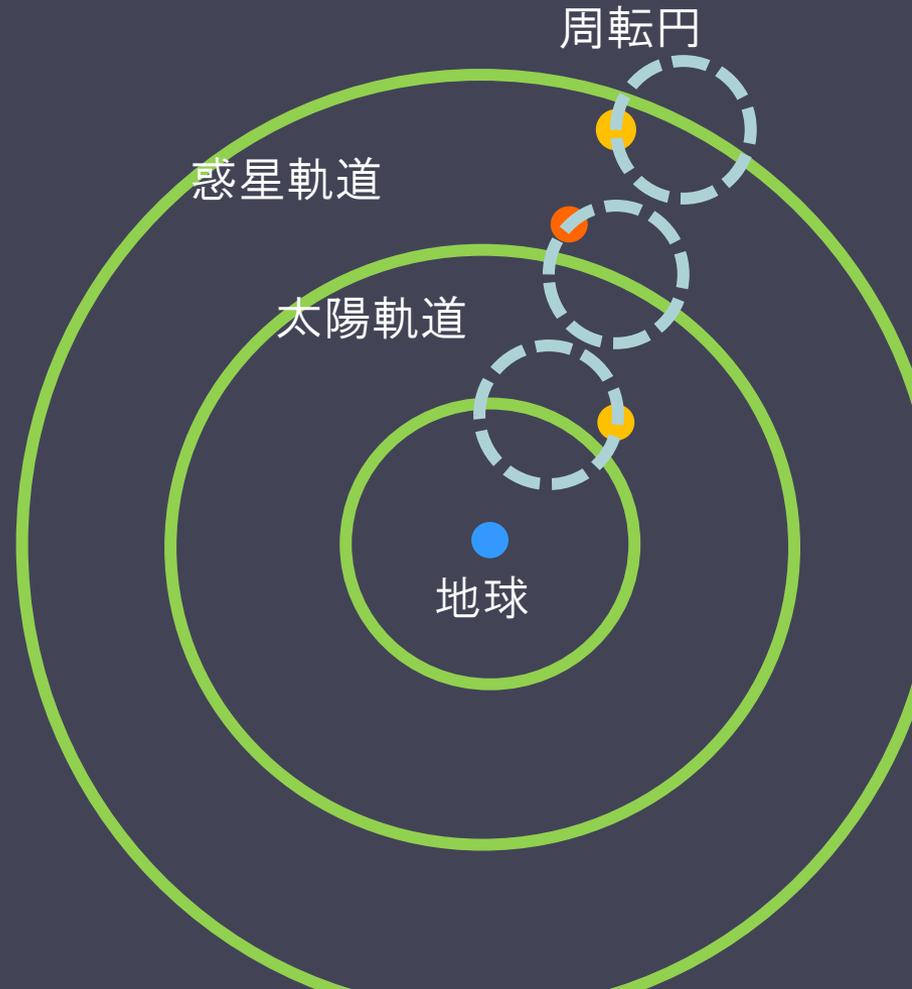
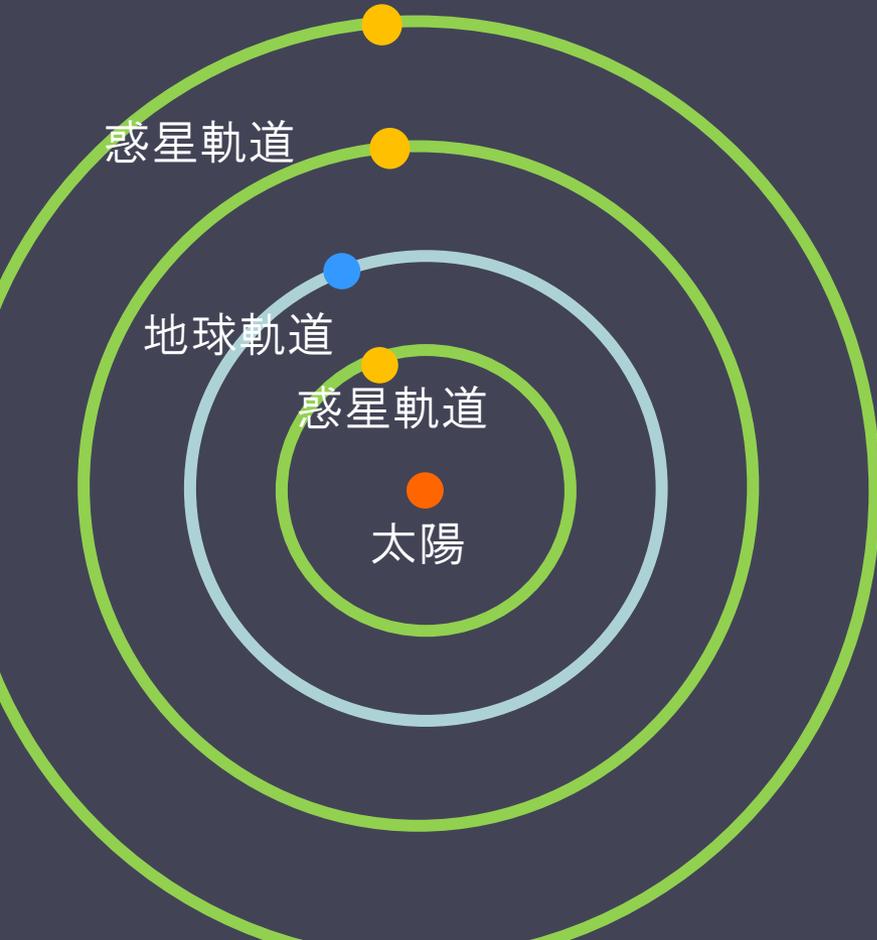
天動説



# 惑星の距離

地動説：自動的に決まる

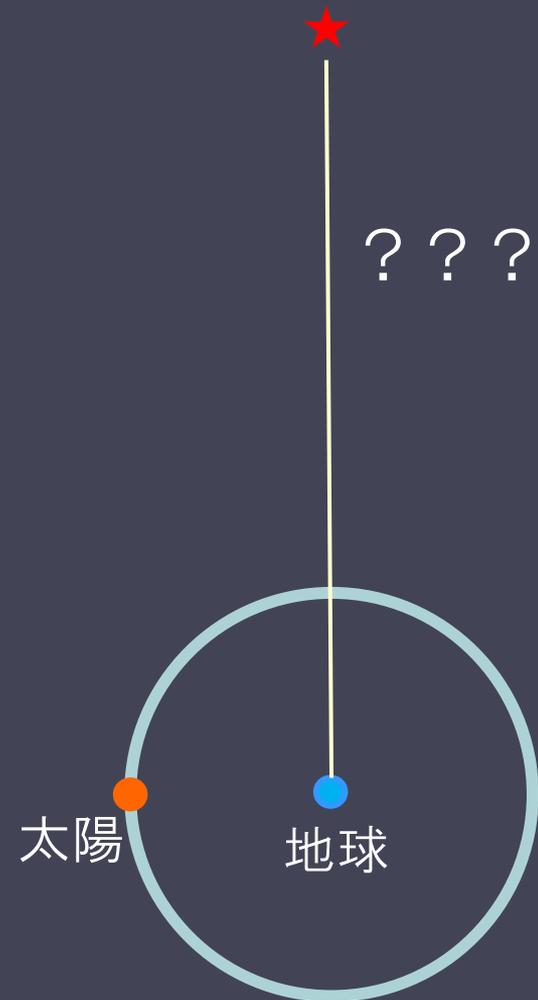
天動説：周転円が交わらないように



# 星までの距離

地動説：視差を測る

天動説：わからない



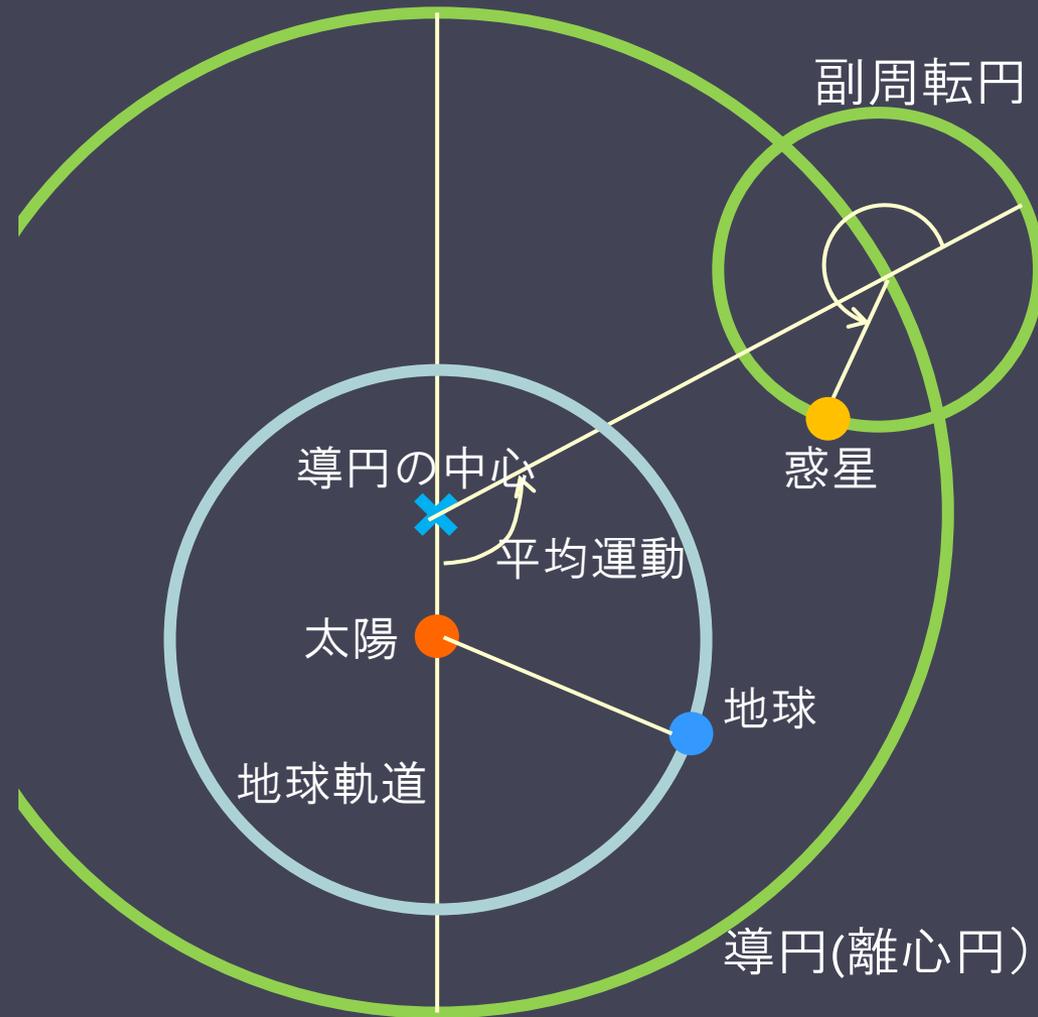
コペルニクス革命

# コペルニクスは何をしたかったのか？

- 正確な惑星の位置予報
- アリストテレス的な宇宙観に戻る
  - 一様な回転運動のみ認める → エカントの棄却
- 太陽を宇宙の中心に
- **彼はアリストテレス主義者・復古主義者**
- しかし、円運動の重ね合わせでは、地動説でも同じ困難に遭遇することは、明らか
- 地動説の利点は、惑星の距離がわかることのみと思える
  - そしてそれは、惑星の位置予報には不必要な情報

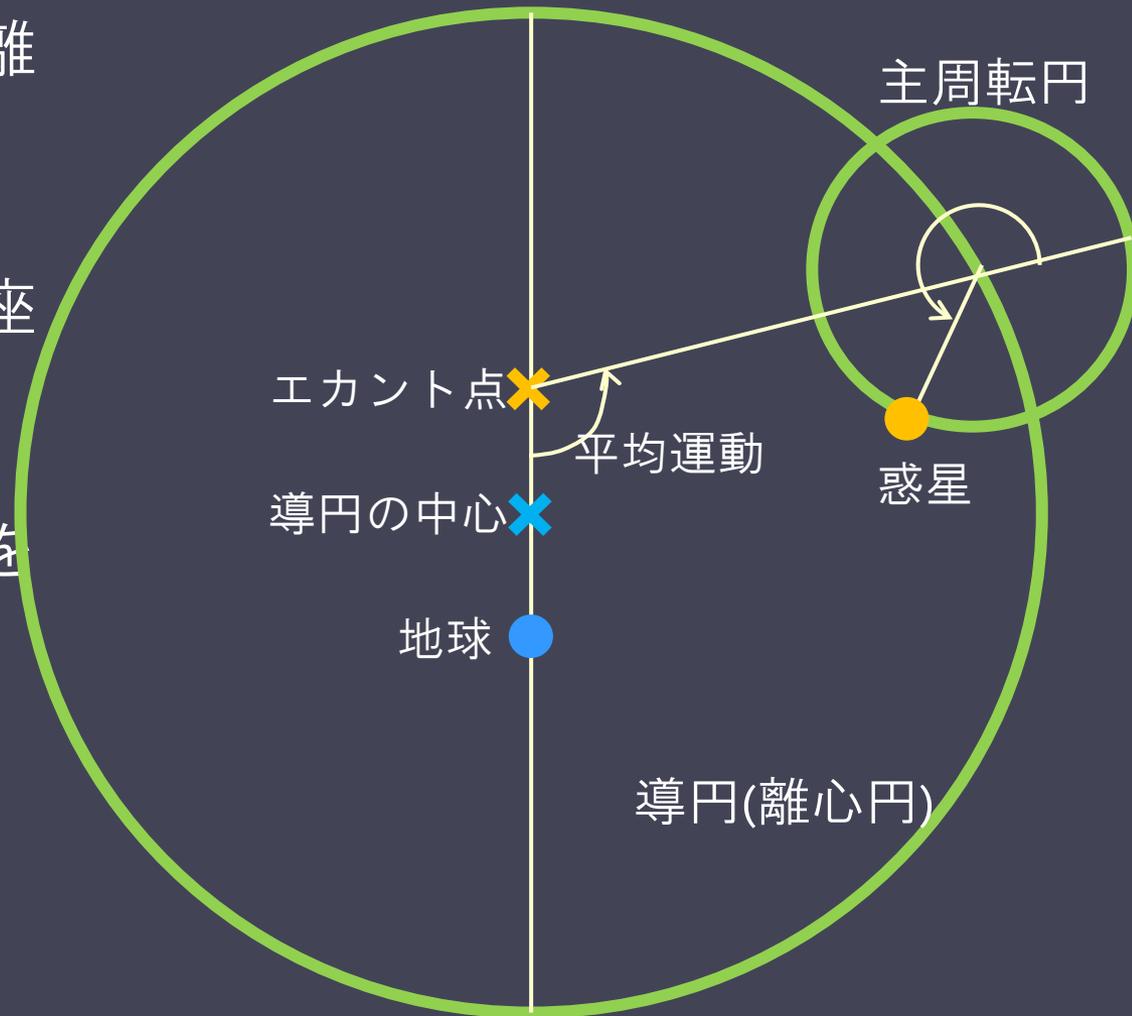
# コペルニクス(1543)

- アリストテレスの宇宙（玉ねぎ宇宙）は保持
- 離心円：太陽からの距離の変化
- 太陽中心：逆行を説明
- 副周転円：さらに誤差を補正



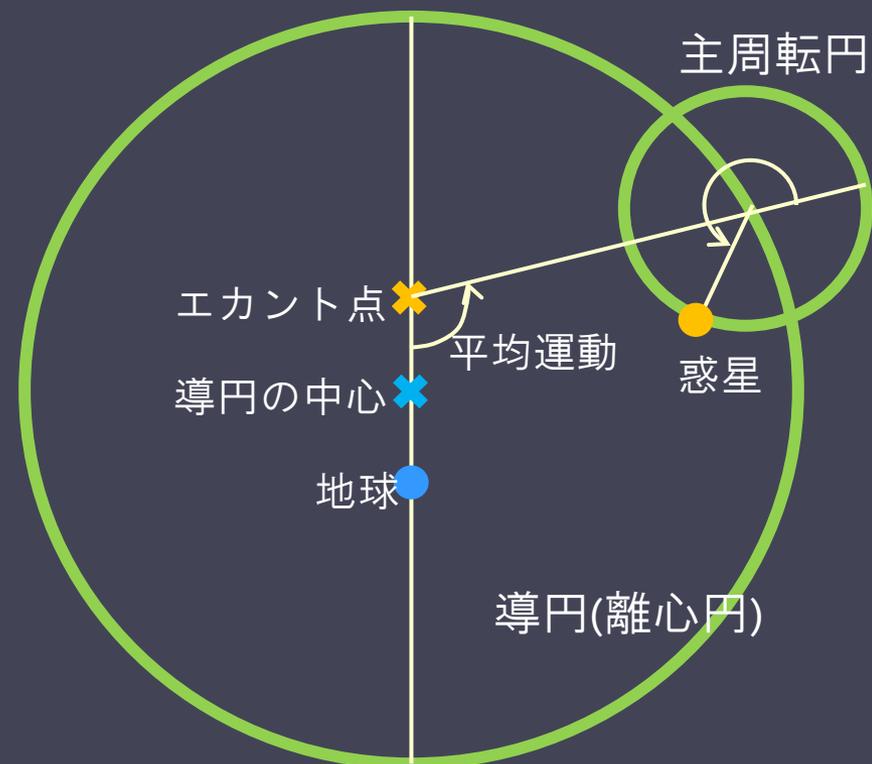
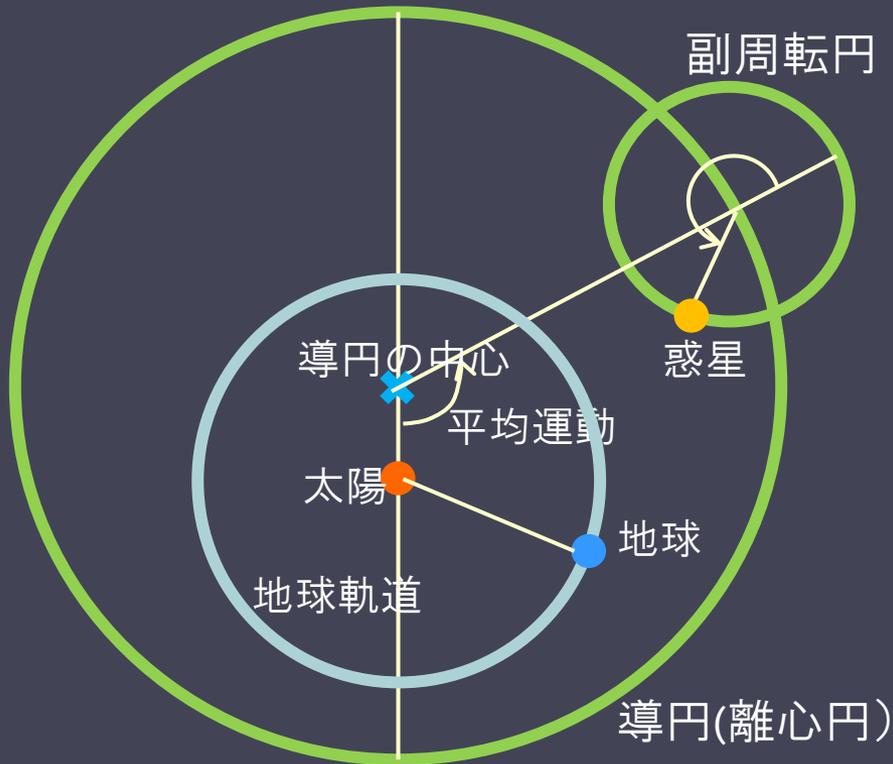
# 天動説の惑星理論

- 離心円：太陽からの距離の変化
- エカント：速度の変化
- 主周転円：地球中心に座標変換
  - － 逆行を説明
- 副周転円：さらに誤差を補正



# 比較

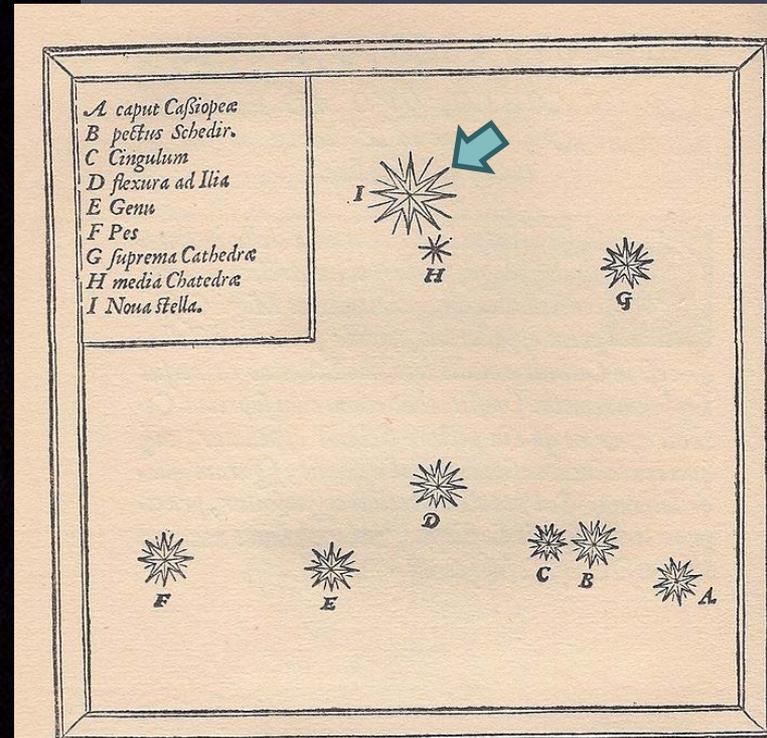
	コペルニクス	プトレマイオス
逆行	太陽中心	主周転円
太陽からの距離変化	離心円	離心円
速度の変化	副周転円	エカント



# ティコ・ブラーエ

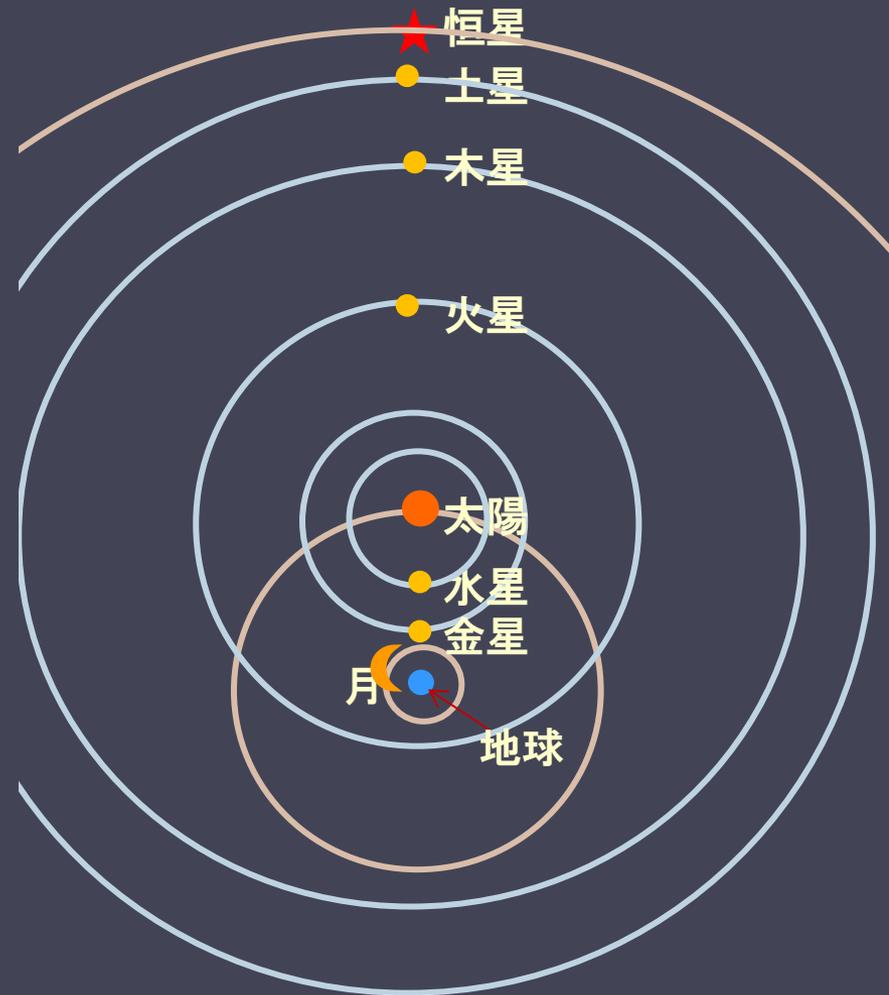
- 肉眼での最高の天文学者
- 保守主義者
- 彗星・超新星の観測
  - ー アリストテレス的宇宙観に相容れない天体
- 恒星視差の測定
  - ー これが発見できないことが彼の地動説への疑念となった
- 惑星の正確な位置測定

カシオペア座に現れた超新星SN1572



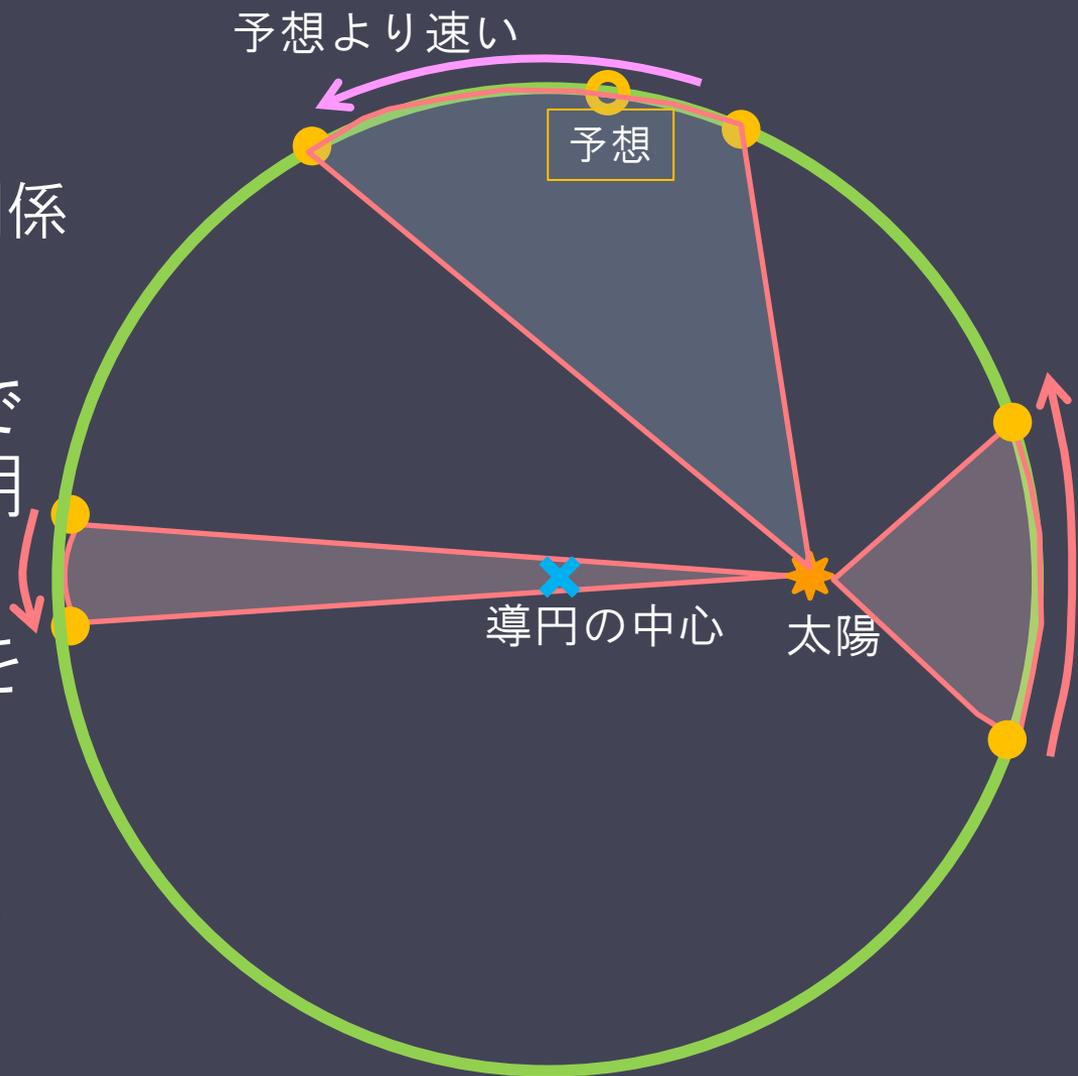
# 折衷的な宇宙(1588)

- 地球は宇宙の中心
- 惑星は太陽中心
- 軌道の交差
  - アリストテレスの球殻が捨てられていることに注意



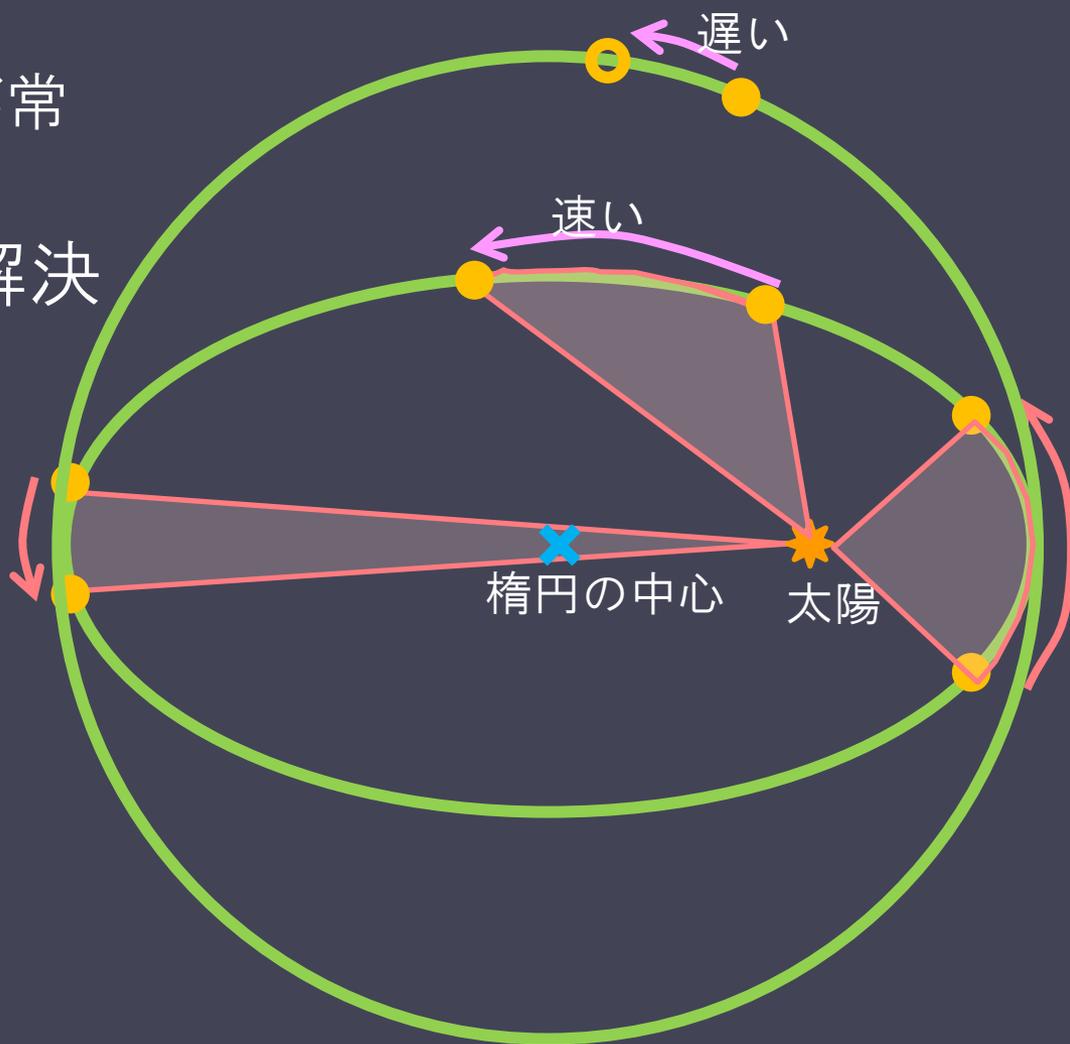
# ヨハネス・ケプラー(1609)

- 太陽信仰
- 神秘主義者
  - 世界は数学の調和と関係
- 円軌道の重ね合わせでブラーエの観測を説明しようとした。
- 面積速度一定の法則を発見
  - 遠点と近点のみ
  - それ以外では合わない



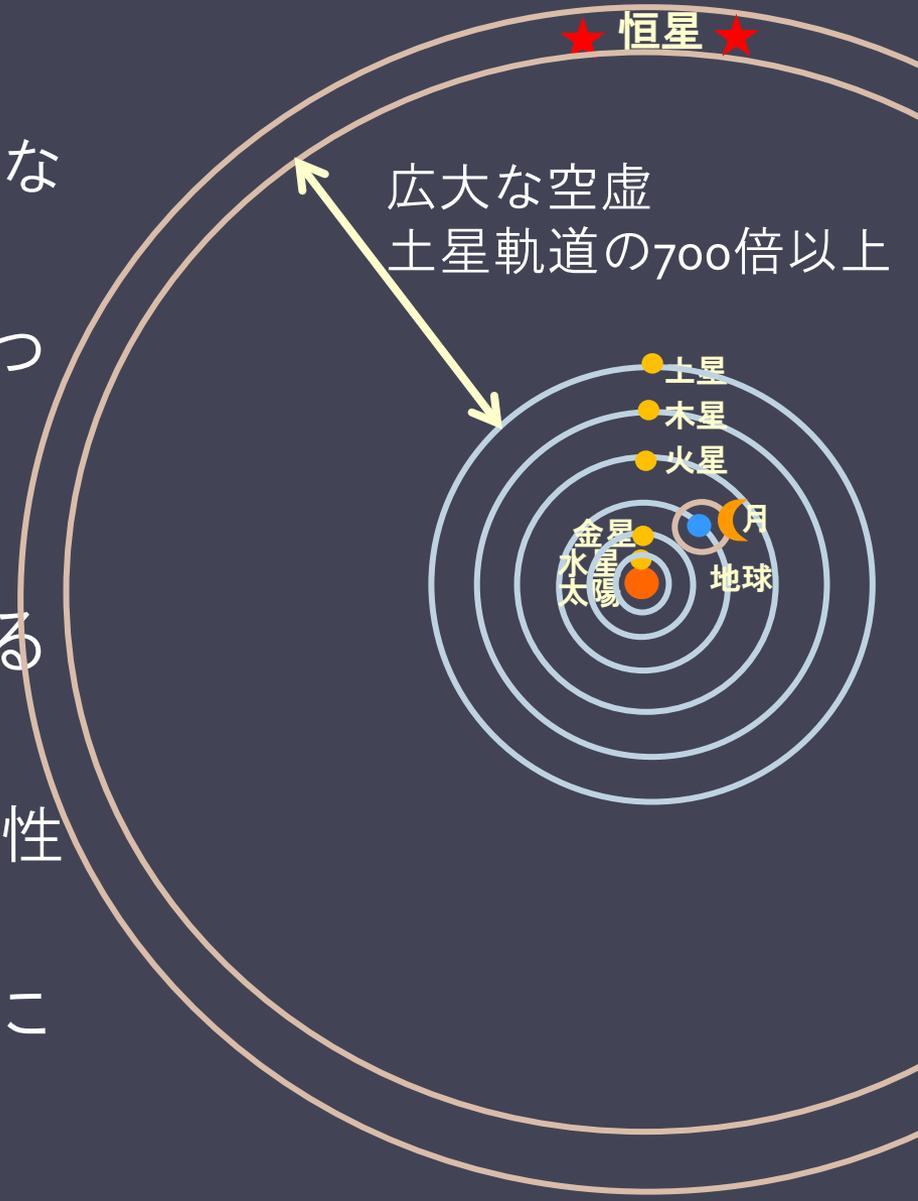
# ヨハネス・ケプラー(1609)

- 楕円軌道の発見
  - 面積速度一定の法則が常に成り立つとする
- 惑星の問題の完全な解決



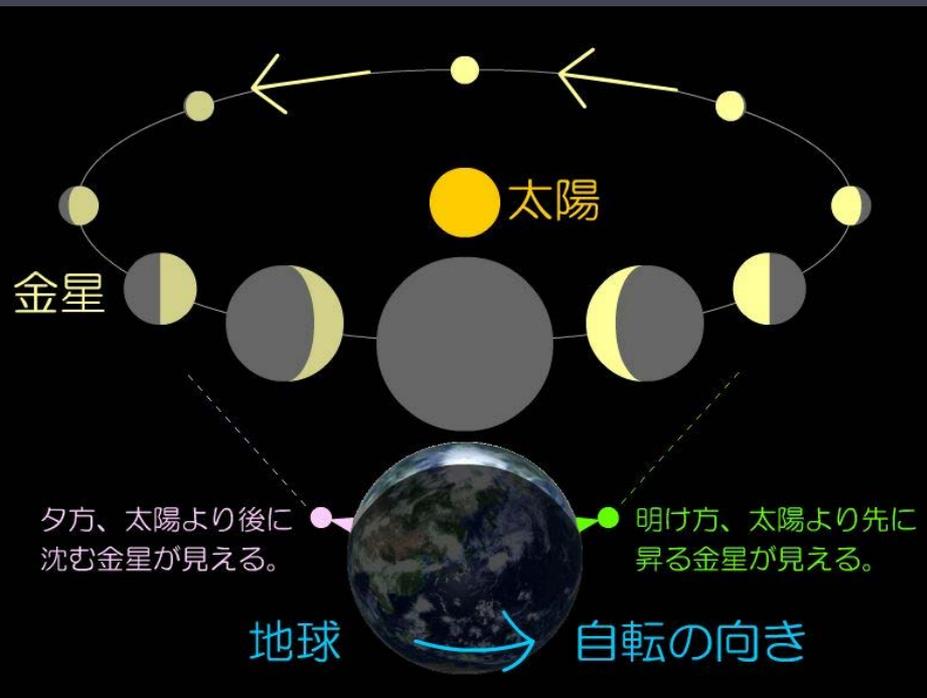
# 新しい宇宙観(1609)

- アリストテレスからの脱却
  - 球殻に縛られない惑星の自由な運動
- 宇宙の大きさが一気に広がった
  - 無限宇宙の可能性
- 宇宙の中心の重要性が薄れる
  - 球殻がない→中心必要ない
  - 太陽が宇宙の中心である必然性もない
- 望遠鏡なしに完成したことに注意



# ガリレオ・ガリレイ(1609)

- 望遠鏡を天に向けた---地動説を視覚的に示す
  - 金星の満ち欠け
  - 木星の周りを回る衛星
  - 太陽の黒点と自転



# 地動説とは

- アリストテレスとは全く異なった宇宙観
  - 宇宙の中心の概念が揺らぐ
  - 中心がなければ、天球、球殻という概念もなくてよい
  - 惑星は球殻に縛られることなく運動
- 無限宇宙？
  - 地球あるいは太陽がほかにもある可能性
  - 人間（地球）のアイデンティティを脅かす
    - 多分これが、教会にとって問題だった（私見）

# コペルニクス革命まとめ

- 舞台は整っていた。
    - キリスト教がアリストテレスを取り入れる段階で、アリストテレスにそもそも疑念が生じていた
  - コペルニクスは、アリストテレス主義者
    - その後の展開は予見していなかった
  - 保守派のティコは、アリストテレスから脱却していた
  - ケプラーは、惑星運動の解析のみから地動説を完成させた
  - 結果として、アリストテレスとは全く違う宇宙観が誕生した
    - 宇宙の中心を取り囲む、玉ねぎ宇宙
- 
- 中心にあるかどうかわからない太陽と、広大な宇宙空間
  - 宇宙と空間の概念が一新された → ニュートン力学

# 参考文献

- 「コペルニクス革命」、トーマス・クーン、講談社学術文庫
- 「望遠鏡以前の天文学」クリストファー・ウォーカー編、恒星社厚生閣
- 「天文学史：現代天文学講座15」中山茂編、恒星社
- 「天文学史」桜井邦朋、朝倉書店