



プラネタリウムに見る天文学の歩み

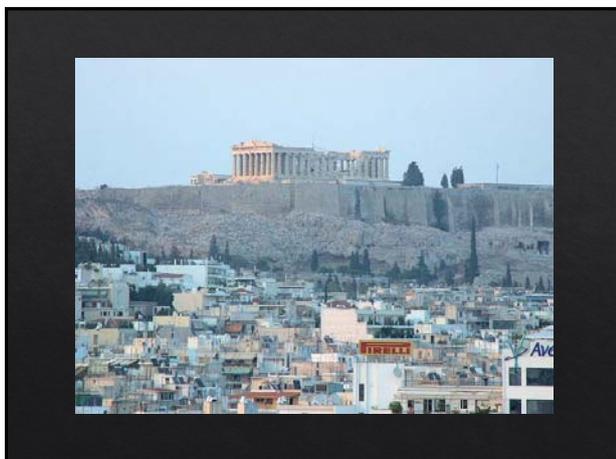
大転換をたどる

1. 宇宙の中心は地球、天が回る
・見たままがその通りと思った時代
2. 宇宙の中心は太陽、地球が回る
・地球の自転や公転を感じることができないのに信じる時代
3. 宇宙は火の玉状態で生まれた
・無からの宇宙創造
・ビッグバン宇宙論は無からの創造を前提に
・素直に受け入れる人はどのような人か……

プラネタリウムに見る天文学の歩み

大転換をたどる

1. 宇宙の中心は地球、天が回る
・見たままがその通りと思った時代
2. 宇宙の中心は太陽、地球が回る
・地球の自転や公転を感じることができないのに信じる時代
3. 宇宙は火の玉状態で生まれた
・無からの宇宙創造
・ビッグバン宇宙論は無からの創造を前提に
・素直に受け入れる人はどのような人か……



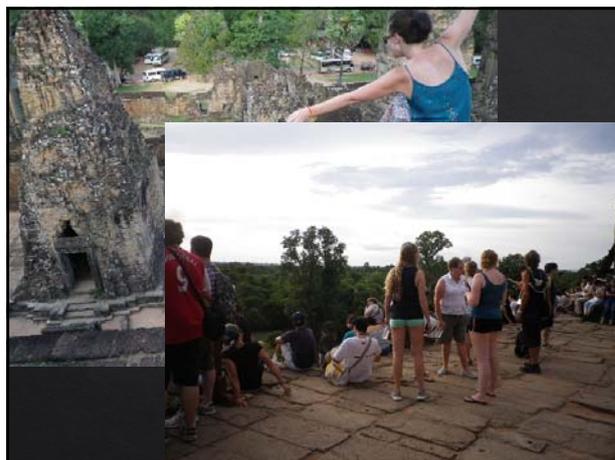
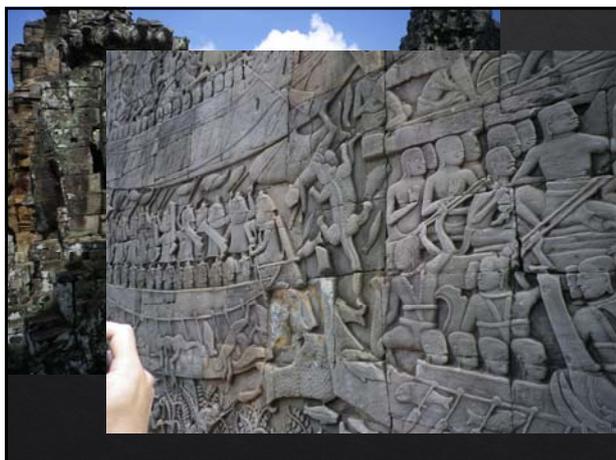
ヨーロッパ、中近東、アフリカ

6

プラネタリウムで

夕陽から見ていきましょう

なぜアンコールワットだったかを知りたい方には後でそっと



朝日も見るって……



プラネタリウムで見てみましょう 日周運動、年周運動



- ◆ 特徴的なのは惑星の運行
- ◆ 外惑星は年に1回、逆行を見せる

運行のまとめ 1

- ◆ 日の出・日の入り、月の出・月の入り、星の出・星の入りの角度は南北に移動すると変わる。東西に移動しても変わらない。
- ◆ しかし、北極星を中心に回ることは場所によらない。
- ◆ 北に行くほど北極星は高くなり、赤道を越えると全く見えなくなる

<理由>
地球が丸いから

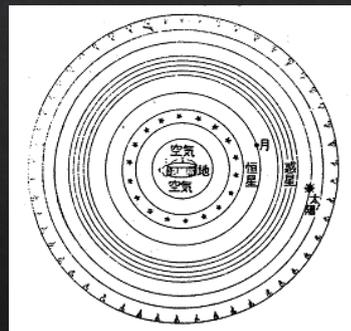


運行のまとめ 2

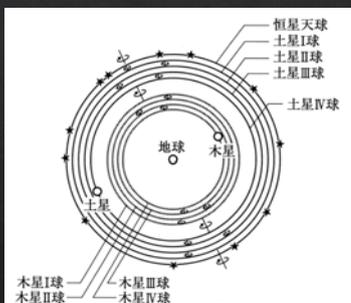
- 星、太陽、月はほぼ1日で一回転。ただし、
星は23時間56分
太陽は24時間(と決めた)
月は24時間50分くらい
- 太陽は星の間を少しずつ移動し、高くなったり、低くなったりしながら、星の中を1年で一周。黄道、黄道12星座
- 月は星の間を少しずつ移動し、高くなったり、低くなったりしながら、星の中を1月で一周。白道、28宿。交点は***
- 太陽と星座の位置関係は36年で月1つ分ずれる。26000年で一周。
黄道12星座は約2000年で1つずれる。歳差
- 2019年の春分の日が3月21日、秋分の日が9月23日、来年度の春分の日が3月21日。春分から秋分までは186日で、秋分から春分まで180日。半周する時間が夏と冬で違う



これではどうでしょうか？

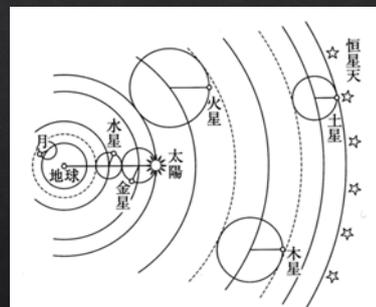


エウドクソスの同心天球



地球・惑星間距離が一定 ⇒ 明るさの変化を説明できない

アポロニウスの周転円



アリストテレス (BC384年 - 322年)

- ◇ 「万学の祖」 - 多岐にわたる自然研究
- ◇ キリスト教、特にローマ・カトリックの思想的背景

アリストテレスの運動学

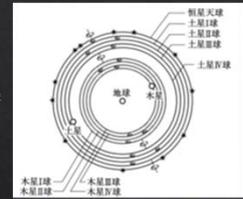
- ・動き続けるには力が必要 - 動いているものはやがて止まる
- ・地球が自転していたら、猛烈な東風が吹く
- ・地球が自転していたら、上に投げた物体は西よりに落ちる
- ・地球が公転していたら、年周視差が生じる
- ・地球は球状で宇宙に浮かんでいて、重さはない
- ・運動は本来の元に戻るうとして起こる(自然的傾向、アイデアは中に)
- ・重いものは地球中心に。地球が宇宙の中心
- ・火が上がっていくが、その中心は地球であり、そこが世界の中心



思弁的な同心球説をより具体化し、実体のある物理的存在とした

アリストテレスの地球中心宇宙

- ◇ 構造と運行機構を与えた
- ◇ ■構造 - 宇宙の中心に地球、天動説、同心球
 - ◇ (1)全宇宙は恒星天球の内側(正確には、外面の内側)にある。
 - ◇ (2)恒星天球の内側にはエーテルが存在して真空ではない。
 - ◇ (3)恒星天球の外側には、何も存在しない。
 - ◇ (4)宇宙は有限、無限なら、地球から離れている点は24時間で地球の一周できない。
 - ◇ (5)宇宙は有限、その形は球であり中心があり、その中心は地球でなければならない。
- ◇ ・地球は球形 - 月食の時の地球の影、北極星の高さ
- ◇ ・内側の星は4、5組の同心球群、合計56組の同心球
- ◇ ■宇宙構造+物理的機構、材料
- ◇ ・ピタゴラス的構造+物理的機構
- ◇ ⇒ **天上界、地上界の峻別**(上の2元論)
- ◇ ・天上界:エーテル、永久不滅の一律円運動
- ◇ ・地上界:火、空気、水、土、中心に対する直線運動



天球の外に天使、天球を回す

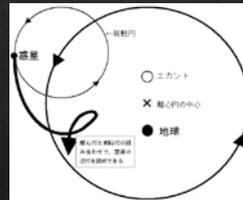
キリスト教の宇宙観となる

天文時計



クラウディオス・プトレマイオス (AD83-168:)

1. 『アルマゲスト』(アラビヤ名=The-greatest) 周転円理論(疑似地球中心説)の完成
 - 正確な天体位置予報、何十年先までの層が理論面でも、実用面でも十分なものができた!



2. 『ゲオグラフィア』(Geographia、地理学)
 - 世界地図、1000年後まで、大航海時代にも影響、コロンブス
3. 『テトラビブロス』(Tetrabiblos、四つの書)
 - 占星術の古典

地球は宇宙の中心でなくなったが、科学者のプトレマイオスは厭わない

異端児 - サモスのアリストタルコス (BC3c)



サモスのアリストタルコス (BC310-BC230:)

◇ (1) 太陽中心説 地球は自転

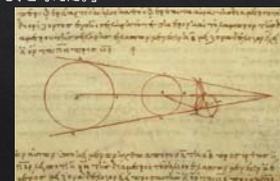
- ◇ プタルコスは書いている。

「(アリストタルコスと同時代のストア派哲学者クレアンテスは、)ギリシャ市民には、宇宙の中心(地球)を動かし、...天が不動である一方で、地球は自らの軸の周りを自転すると同時に傾いた円の上を周回する、などと想像した不敬の罪でサモスのアリストタルコスを告発する義務がある、と考えた。」

◇ (2) 地球 - 太陽間距離

- ◇ (3) 月までの距離

◇ 右、10c写本



プラネタリウムに見る天文学の歩み

大転換をたどる

1. 宇宙の中心は地球、天が回る
・見たままをその通りに説明する
2. 宇宙の中心は太陽、地球が回る
・地球の自転や公転を感じることができないのに信じる時代
3. 宇宙は火の玉状態で生まれた
・無からの宇宙創造
・ビッグバン宇宙論は無からの創造を前提に
・素直に受け入れる人はどのような人か……

ニコラウス・コペルニクス (1473 - 1543)



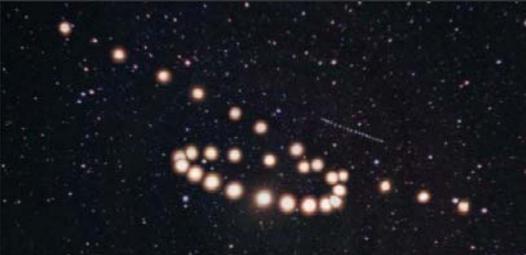

- ◆ ポーランド、カトリック司祭
- ◆ エカントや離心円はけしからん！
- ◆ 完全な円軌道 (アリストテレス流)
- ◆ 現代版「アルマゲスト」の野望

太陽中心説への流れ (地動説 - 地球は動く！)

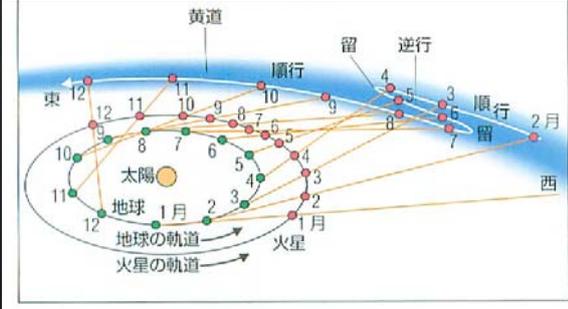


チコ・ブラーエ、ケプラー、ガリレオ

不完全なコペルニクス説ではあったが、地球より太陽の方が中心としてふさわしいと感じた人たちが一所懸命、それがより合理的であることを示そうとした



惑星運動 - 地球公転で簡単に。無理のない説明
2003年、火星の逆行
(大接近、みずがめ座、天王星と共に)



惑星の視運動が容易に説明できる

直接的な証拠は無かった！

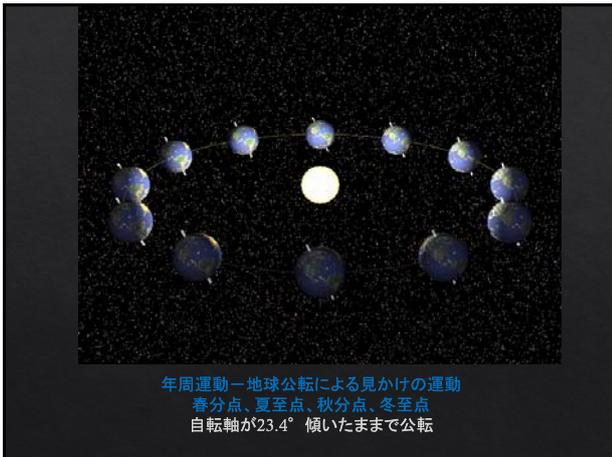
地球が動いていることなど感じることはできない



- ・地球が自転していたら、猛烈な東風が吹く？
- ・地球が自転していたら、上に投げた物体は西よりに落ちる？
- ・地球が公転していたら、年周視差が生じる？

感じられなくても、証拠は地球の自転・公転を示していた
- 物理学 (運動学) の発達
- 天体観測技術の進歩

しかし、皆が納得するまでには時間がかかった



コペルニクスの見込みは失敗!

- ◆ プトレマイオスの「アルマゲスト」は天体位置を見事に再現するが、離心円やエキセントを使い、美しくない。
- ◆ 神は宇宙を完璧な円・球で構成したはずだ。
- ◆ 結局、ギリシャ時代の同心球に戻った。ただ、中心に太陽を据えた。太陽は光り輝き、宇宙の中心にふさわしい、という考えから。
 <ネオプラトン主義>
- ◆ アリストテレス流の完全な円軌道で現代版「アルマゲスト」を作ろうとした
- ◆ しかし、うまくいくはずがなく、発表をためらっていた、というのが真相

コペルニクスの意義

- ◆ コペルニクスの研究自体は失敗だったが、近代的科学研究の芽を植えた
- ◆ 証拠に忠実なことが必ずしも科学上の前進になるとは限らず、予断が導くことがあることを教えてくれた
- ◆ 後に続いた研究者により、地球が動くとは感じられなくても合理的な理由があればそれを真実とする姿勢が生まれた

プラネタリウムに見る天文学の歩み

大転換をたどる

1. 宇宙の中心は地球、天が回る
 ・見たままをその通りに説明する
2. 宇宙の中心は太陽、地球が回る
 ・地球の自転や公転を感じることができないのに信じる時代
3. 宇宙は火の玉状態で生まれた
 ・無からの宇宙創造
 ・ビッグバン宇宙論は無からの創造を前提に
 ・素直に受け入れる人はどのような人が……



銀河の発見

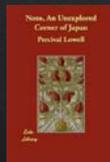
- ◆ ハーシェル (W.Herschel)
- ◆ 磁石型の宇宙 1785

ウィリアム・パーソンズ、ロス卿 (1800-1867)



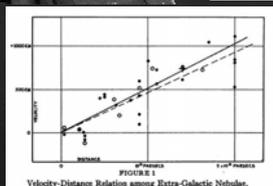
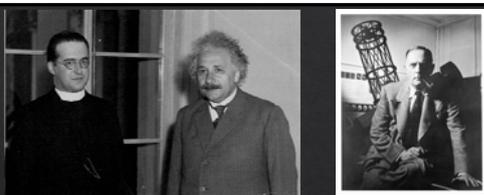
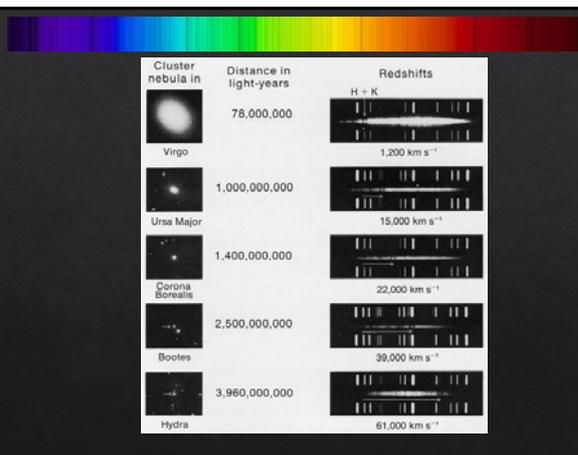
パーシヴァル・ローウェル (1855-1916)
ヴェスト・スライファー (1875-1969)

- ◇ 日本に5回
- ◇ 火星人



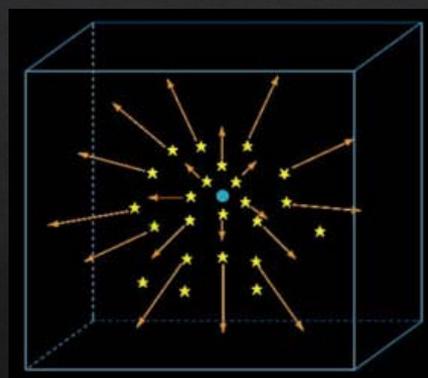
- ◇ 1912 銀河の運動検出
- ◇ 1920年代 約50銀河、後退

アメリカ・アリゾナ州
Lowell天文台



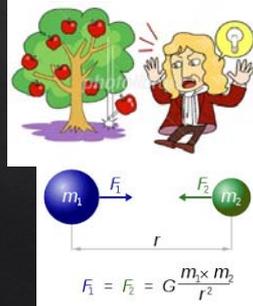
宇宙は広がっている！ 昔、宇宙は点だった

膨張する宇宙

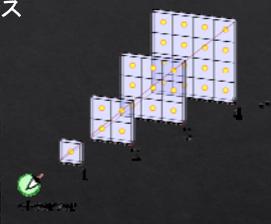


ニュートンの苦悩

ああ・・・、宇宙が潰れる！



夜空が暗いのはおかしい オルパースのパラドックス 無限宇宙批判



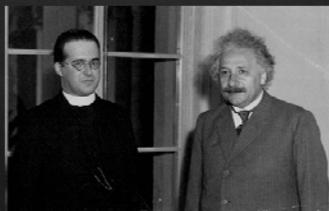
重力で潰れる宇宙をどう回避するか？

50

アインシュタイン(1879-1955) の失敗と後悔

- ◆ 1905年 特殊相対論
- ◆ 1915年 一般相対論
- ◆ 宇宙項の導入 1917

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$



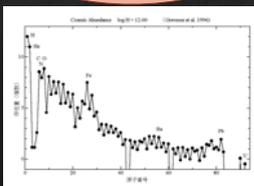
ビッグバン宇宙論の創始者 ルメートル(1894-1966)

- ◆ ベルギー、カトリック司祭
- ◆ 1923-25 英米留学
- ◆ 1927 ハッブルの法則発見
論文『銀河系外星雲の視線速度を説明する、一定質量で半径が成長する宇宙』
膨張宇宙の提唱
- ◆ 1927-33 'hypothesis of the primeval atom' (原始的原子の仮説)
『宇宙卵』(Cosmic Egg)
* アインシュタイン始め、識者の反対にあう
- ◆ 1946 『原始的原子仮説』出版



ガモフ (1904-68) の $\alpha\beta\gamma$ 理論

なぜ物質にもダークマター？
それは宇宙誕生時に生まれたからさ。水素以下、順々に少なくなっていくという宇宙組成はこれで説明できる！



ガモフ (1904-68)



オットビア・ピッコロ

物質があるのはなぜか？

このような根源的な問題をつきつけたのが
ビッグバン宇宙論だった

現代の宇宙論は無からの物質創造が前提

- ◇ **定常宇宙論** 日常的な物質創造
- ◇ **ビッグバン宇宙論** 誕生時に1回だけの物質創造

通常、学校で教える物質の不滅やエネルギーの保存などの常識が通用しない世界が現代宇宙論。現在の宇宙研究はビッグバン宇宙論を正しいものとして行われている。

終